



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Civil
2009

Carlos Manuel Cotrim Desconstrução de Sistemas Prediais de Águas
Garcêz Martins Russo



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Civil
2009

Carlos Manuel Cotrim Desconstrução de Sistemas Prediais de Águas
Garcêz Martins Russo

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Armando Baptista da Silva Afonso, Professor Associado Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, e do Doutor Victor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

O júri

Presidente

Prof. Doutor Aníbal Guimarães da Costa
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Joaquim José Oliveira Sousa
Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Prof. Doutor Armando Baptista da Silva Afonso
Professor Associado Convidado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Victor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira
Professor Associado da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Nesta secção pretendo deixar o meu agradecimento a todos aqueles que me ajudaram ao longo desta caminhada.

Agradeço ao professor Silva Afonso por ter sido o principal impulsionador do meu interesse e paixão pelas instalações prediais. A ele devo grande parte do meu conhecimento sobre hidráulica predial e urbana. Agradeço-lhe ainda a oportunidade que me proporcionou, de visitar as fábricas e laboratórios da Geberit na Alemanha e na Suíça. O seu apoio, dedicação e orientação estiveram sempre presentes ao longo da realização desta dissertação.

Agradeço ao professor Victor Ferreira pelos seus ensinamentos, pela sua incansável colaboração e disponibilidade, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos amigos Licínio Ferreira e Erica Santos por toda a ajuda, apoio e amizade que me proporcionaram ao longo destes 5 anos, sem eles tudo teria sido bem mais difícil.

A todos os meus amigos, em especial ao Marco, ao Paulo e ao João agradeço a amizade, o companheirismo e todo o carinho.

Aos meus pais e irmão, o muito obrigado pelo apoio e incentivo que se revelaram imprescindíveis ao longo de toda a minha carreira académica.

À Marisa um obrigado por tudo.

Palavras-chave

Desconstrução, Sistemas Prediais de Águas, Patologias, Reciclagem

Resumo

Vivemos num planeta com recursos naturais finitos, porém e apesar disso a humanidade tem ignorado este facto.

O sector da construção é um dos sectores que mais contribuem para a degradação do meio ambiente, devido ao consumo excessivo e despreocupado de recursos naturais, com a consequente produção de resíduos.

A necessidade de mudança deste paradigma levou ao aparecimento de um novo conceito neste sector de actividade, o conceito de Desconstrução. A Desconstrução permite que o resultado final de uma obra de demolição ou reabilitação não seja um amontoado heterogéneo de resíduos, cujas oportunidades de reaproveitamento são mínimas.

Este conceito surge como um conceito inovador que quando aplicado aos sistemas prediais de águas, apresenta-se como uma solução que permite obter menor heterogeneidade no conjunto dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD). Portanto, permite assim aumentar a facilidade de reciclagem da parte mais fácil de reciclar deste fluxo de resíduos, ou seja a fracção inerte, permitindo ainda obter uma redução do volume de resíduos para aterro.

Neste sentido é necessário a definição de procedimentos de Desconstrução destes sistemas, assim como definir algumas estratégias e desafios que permitam aumentar o número de obras em que o conceito seja aplicado.

Para além de tudo isto, neste trabalho tentaram-se ainda definir alguns dos principais métodos de valorização dos resíduos provenientes das actividades de Desconstrução dos sistemas prediais de águas, nomeadamente métodos de reciclagem dos mesmos.

Keywords

Deconstruction, Building Water Systems, Pathology, Recycling

Abstract

We live on a planet with finite natural resources, but mankind has ignored this fact.

The construction sector is one of the most contributive to environmental degradation due to careless and excessive consumption of natural resources, with the consequent production of waste.

The need to change this paradigm has led to a new concept in industry, the concept of Deconstruction. Deconstruction enables that the final results of a demolition work, or rehabilitation, are not a pile of mixed waste, whose opportunities for reuse are minimal.

This concept emerged as an innovative concept that when applied to building water systems, is presented as a solution which gives less diversity in all the Construction and Demolition Waste (CDW). So it increase the ease of recycling of the most easy part for recycling of this waste stream, that is the inert fraction, while allowing a reduction in the volume of waste to landfill.

In this way it is necessary to define procedures for Deconstruction of these systems, as well as set challenges and strategies to increase the number of buildings in which the concept will be applied.

Besides all this, in this study it was attempted to define further some of the main methods of waste recovery from Deconstruction activities of building water systems, including recycling methods.

ÍNDICE

Índice	i
Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas	xi
Simbologia.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Tema.....	1
1.2. Objectivos.....	3
1.3. Motivação	3
1.4. Organização	4
1.5. Método de Investigação.....	5
2. Estado da arte.....	7
2.1. Introdução.....	7
2.2. Caracterização do Sector da Construção Civil	7
2.3. Caracterização da Actividade de Desconstrução.....	10
2.3.1. Generalidades	10
2.3.2. Evolução da Actividade.....	10
2.3.3. A Importância da Desconstrução.....	14
2.3.4. A Desconstrução na Reabilitação	16
2.3.5. A Desconstrução na Demolição	16
2.3.6. A Desconstrução aplicada aos Sistemas Prediais de Águas	19
2.4. Resíduos da Construção e Demolição	19
2.4.1. Generalidades	19
2.4.2. Enquadramento Nacional	20
2.4.3. Composição e Classificação dos RCD	21
2.4.3.1. Classificação de acordo com o Tipo de Obra.....	22
2.4.3.2. Classificação segundo o Tipo de Material.....	22
2.4.3.3. Classificação segundo o Destino Final do Resíduo.....	22
2.4.4. Hierarquia da Gestão de Resíduos.....	23
2.4.4.1. Redução	23

2.4.4.2.	Reutilização	24
2.4.4.3.	Reciclagem	24
2.4.4.4.	Incineração	24
2.4.4.5.	Aterro	25
2.4.5.	Dificuldades e Benefícios da Gestão de Resíduos	25
2.4.6.	A Gestão de Resíduos na Europa	28
2.4.7.	Projectos de Gestão de RCD	29
3.	Componentes e Patologias dos Sistemas Prediais de Águas	33
3.1.	Introdução.....	33
3.2.	Materiais aplicáveis em Tubagens das Redes Prediais de Águas	34
3.2.1.	Generalidades	34
3.2.2.	Tubagens Metálicas.....	35
3.2.2.1.	Chumbo	36
3.2.2.2.	Aço Galvanizado	37
3.2.2.3.	Aço Inox	38
3.2.2.4.	Cobre	39
3.2.2.5.	Aço (ferro preto).....	40
3.2.3.	Tubagens Termoplásticas	41
3.2.3.1.	Polietileno (PE)	42
3.2.3.2.	Polietileno Reticulado (PEX)	43
3.2.3.3.	Policloreto de Vinilo (PVC)	43
3.2.3.4.	Policloreto de Vinilo Clorado (PVCC)	44
3.2.3.5.	Polipropileno (PP)	45
3.2.3.6.	Polibutileno (PB).....	46
3.2.3.7.	Multicamada.....	47
3.3.	Sistemas Isolantes de Tubagens	48
3.4.	Dispositivos de Utilização.....	49
3.4.1.	Generalidades	49
3.4.2.	Torneiras.....	50
3.4.2.1.	Torneiras Simples.....	50
3.4.2.2.	Torneiras Misturadoras	50
3.4.2.3.	Torneiras de Seccionamento	51

3.4.2.4.	Torneiras de Bóia.....	51
3.4.3.	Fluxómetros.....	52
3.4.4.	Autoclismos.....	52
3.4.5.	Válvulas.....	53
3.5.	Instalações Complementares.....	53
3.5.1.	Instalações Elevatórias e Sobrepressoras.....	53
3.5.1.1.	Tipos de Bombas.....	55
3.5.1.2.	Reservatórios.....	55
3.5.2.	Instalações de Produção de Água Quente.....	56
3.5.2.1.	Generalidades.....	56
3.5.2.2.	Instalações de Produção Individuais.....	57
3.5.2.3.	Instalações de Produção Central.....	60
3.6.	Patologias dos Sistemas Prediais de Águas.....	60
3.6.1.	Generalidades.....	60
3.6.2.	A montante das Patologias nos Sistemas Prediais de Águas.....	61
3.6.2.1.	Generalidades.....	61
3.6.2.2.	Entidade Gestora do Sistema Público.....	61
3.6.2.3.	Concepção e Dimensionamento dos Sistemas Prediais.....	62
3.6.2.4.	Erros e Defeitos na fase de Construção.....	63
3.6.3.	Anomalias nos Sistemas Prediais de Águas.....	64
3.6.3.1.	Generalidades.....	64
3.6.3.2.	Roturas nas Tubagens.....	65
3.6.3.3.	Deficientes Níveis de Pressão e Caudal.....	68
3.6.3.4.	Ruídos nas Instalações.....	69
3.6.3.5.	Deficiências na Produção e Distribuição de Água Quente.....	70
3.7.	Proposta para a Reabilitação das Instalações Prediais.....	71
3.7.1.	Generalidades.....	71
3.7.2.	Intervenção em Redes Prediais.....	71
3.7.3.	Soluções de Intervenção.....	73
3.7.3.1.	Generalidades.....	73
3.7.3.2.	Níveis de Pressão.....	73
3.7.3.3.	Produção e Distribuição de Água Quente.....	73

3.7.3.4.	Ruídos e Vibrações.....	74
3.7.4.	Seleção de Materiais e Equipamentos	75
4.	Guia para a Desconstrução dos Sistemas Prediais de Águas	77
4.1.	Introdução.....	77
4.2.	Guia para a Desconstrução	77
4.2.1.	Generalidades	77
4.2.2.	Estudo Prévio	78
4.2.3.	Inventariação dos Materiais presentes nos Sistemas Prediais de Águas	79
4.2.4.	Planos de Gestão	80
4.2.4.1.	Plano de Segurança	80
4.2.4.2.	Plano de Organização do Local.....	82
4.2.4.3.	Plano de Gestão dos Resíduos.....	83
4.2.5.	Estimativa dos Custos Associados	86
4.3.	Valorização dos Resíduos da Desconstrução dos Sistemas Prediais de Águas ...	87
4.3.1.	Generalidades	87
4.3.2.	Materiais Plásticos.....	88
4.3.2.1.	Generalidades	88
4.3.2.2.	Reciclagem de Plásticos	91
4.3.2.3.	A Reciclagem de Plásticos na Europa.....	102
4.3.3.	Reciclagem de Materiais Metálicos	104
4.3.3.1.	Generalidades	104
4.3.3.2.	Metais Ferrosos	105
4.3.3.3.	Metais Não-Ferrosos	105
4.3.3.4.	Ligas Metálicas	106
4.3.4.	Destino Final de Outros Materiais	107
4.3.4.1.	Generalidades	107
4.3.4.2.	Reciclagem de Tubos Multicamada	108
4.3.4.3.	Reciclagem de Equipamentos Eléctricos	109
4.3.4.4.	Destino Final para o Amianto	110
4.3.4.5.	Reciclagem de Inertes	111
4.4.	Dificuldades, Desafios e Estratégias para o sucesso da Desconstrução.....	113
5.	Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros.....	119

6. Referências Bibliográficas.....	123
ANEXOS	137
ANEXO I – Capítulo 17 da LER.....	137
ANEXO II – Guias de Transporte para os RCD	139
ANEXO III – Modelo do Plano de Prevenção e Gestão de RCD	143
ANEXO IV – Modelo de Registo de Dados de RCD.....	145
ANEXO V – Folhas de Inventariação	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Evolução do número de obras de edificação desde 1995. [9]	12
Figura 2.	Evolução do número de obras de demolição desde 1995. [9]	12
Figura 3.	Evolução da cota de mercado do número de obras de demolição, em termos percentuais. [9]	13
Figura 4.	Diagrama de etapas para a valorização dos resíduos da Desconstrução. Adaptado de [4], [10].....	14
Figura 5.	Resultado de duas demolições indiferenciadas. [2].....	15
Figura 6.	Resultado de uma Desconstrução tendo em vista a reutilização dos materiais retirados. [2].....	15
Figura 7.	Exemplo de resíduos provenientes de uma obra de reabilitação. [12]	16
Figura 8.	Exemplo de demolição indiferenciada. [3].....	17
Figura 9.	Evolução do desmantelamento da Aldeia da Luz. [3]	18
Figura 10.	Exemplo de tubagens plásticas provenientes da Desconstrução de sistemas prediais. [13]	19
Figura 11.	Composição média em termos percentuais dos RCD na Europa Ocidental no ano 1995. [18]	21
Figura 12.	Estruturas das rubricas contabilísticas das empresas por domínios do Ambiente. Média aritmética de três anos consecutivos (2005, 2006 e 2007). [22].....	27
Figura 13.	Exemplo de alguns tipos de abraçadeiras. [30]	35
Figura 14.	Exemplo de tubos em chumbo. [35].....	37
Figura 15.	Exemplo de tubos e acessórios em aço galvanizado. [37], [38].....	38
Figura 16.	Exemplo de tubos e acessórios em aço inox. [40].....	39
Figura 17.	Exemplo de tubos e acessórios em cobre. [40].....	39
Figura 18.	Exemplo de tubagens em polietileno e tipos de ligações. [42], [44]	42
Figura 19.	Exemplo de tubagem em PEX e acessório. [42]	43
Figura 20.	Exemplo de tubagem em PVC-U. [42].....	44
Figura 21.	Exemplo de tubagem em PVCC [42].	45
Figura 22.	Exemplo de tubagem PP e alguns acessórios. [42], [44].....	46

Figura 23.	Exemplo de tubagem em PB e acessórios de ligação (à esquerda por termo soldadura, à direita através de acessórios mecânicos). [42], [44]	46
Figura 24.	Representação esquemática de tubagem tipo multicamada e exemplo de alguns dos acessórios utilizados. [44]	47
Figura 25.	Lira e cavalete para dilatação da tubagem de água quente. [47]	49
Figura 26.	Exemplo de isolamento de tubagens da marca Armaflex. [49]	49
Figura 27.	Exemplos de torneira simples (à esquerda - torneira de parede, à direita - torneira de coluna). [50], [51]	50
Figura 28.	Exemplos de torneiras misturadoras (à esquerda – torneira convencional, ao centro – torneira monocomando, à direita – torneira termoestática). [52]	51
Figura 29.	Exemplo de torneiras de seccionamento (à esquerda – torneira de passagem, à direita – torneira de seccionamento). [53], [54]	51
Figura 30.	Exemplo de torneira de bóia. [55]	51
Figura 31.	Exemplo de Fluxómetro. [56]	52
Figura 32.	Exemplo de autoclismo. [57]	52
Figura 33.	Esquema tipo de um reservatório do sistema predial. Adaptado de [30].	56
Figura 34.	Exemplo de esquentador a gás. [58]	57
Figura 35.	Termoacumulador a gás (à esquerda) e eléctrico (à direita). [58]	58
Figura 36.	Caldeira mural a gás (à esquerda), caldeira de chão a gás (ao centro) e caldeira de chão a gasóleo (à esquerda). [58]	58
Figura 37.	Esquema tipo de um colector solar. Adaptado de [47].	59
Figura 38.	Esquema tipo de um sistema solar térmico instalado numa moradia. [59].	59
Figura 39.	Exemplo de patologias em tubagens embutidas. [62]	65
Figura 40.	Exemplo de patologias em tubagens à vista. Ambas as imagens revelam corrosão por inadequação de acessórios. [62], [40]	65
Figura 41.	Exemplos de corrosão em tubagens metálicas (à esquerda: corrosão a partir do interior; ao centro: corrosão a partir do exterior; à direita: corrosão intersticial). Adaptado de [62], [40].	67
Figura 42.	Exemplo de rotura em tubagem multicamada, por excesso de pressão. (Imagem obtida nos laboratórios da Geberit em Jona, Suíça)	68
Figura 43.	Exemplo de folha de inventariação de materiais	79
Figura 44.	Exemplo de folha de inventariação de equipamentos	79

Figura 45.	Exemplos de sinalização de segurança em estaleiros. [66]	82
Figura 46.	Exemplo de sinalização para organização do local. [67].....	82
Figura 47.	Exemplo de organização dos locais de armazenamento dos resíduos. [3] ..	83
Figura 48.	Exemplo de contentor de armazenamento aberto. [68]	84
Figura 49.	Exemplo de contentor de armazenamento fechado. [69]	85
Figura 50.	Exemplo de contentores plásticos de armazenamento fechados. [70], [71]	85
Figura 51.	Exemplo de big bag para armazenamento de resíduos. [72]	85
Figura 52.	Distribuição típica do consumo de plástico por sector de actividade. [21] .	90
Figura 53.	Simbologia utilizada para identificação de plásticos, de acordo com as recomendações da Directiva n.º 94/62/CE [74].....	92
Figura 54.	Esquema de separação de polímeros por diferença de densidades. Adaptado de [75].	93
Figura 55.	Esquema tipo das diferentes fases da reciclagem mecânica de plásticos. Adaptado de [21], [18].....	96
Figura 56.	Exemplo de “pellets” de plástico. [76]	98
Figura 57.	Esquema de uma máquina extrusora. [41].....	99
Figura 58.	Esquema de uma máquina injectora	100
Figura 59.	Exemplo de equipamentos da tecnologia Varisort. [84]	105
Figura 60.	Exemplo de tubos de cobre prensados para reciclagem. [85].....	106
Figura 61.	Exemplo de tubos de chumbo para reciclagem. [85].....	106
Figura 62.	Exemplo de tubos multicamada Mepla da Geberit. [90]	109
Figura 63.	Exemplo de motor eléctrico desconstruído. [85].....	109
Figura 64.	Exemplo de aplicação de regras de segurança aquando da presença de amianto. [91]	110
Figura 65.	Exemplo de resíduos inertes separados por cores. [7].....	111
Figura 66.	Exemplo de equipamento de reciclagem de inertes e o resultado final da reciclagem dividido por cores. [7]	112

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Hierarquia da gestão de resíduos. Adaptado de [2]	23
Tabela 2.	Algumas vantagens e desvantagens do uso de tubagens metálicas em redes de distribuição de águas. Adaptado de [31].	36
Tabela 3.	Algumas vantagens e desvantagens do uso de tubagens termoplásticas em redes de distribuição de águas. Adaptado de [31], [41].....	41
Tabela 4.	Espessura do isolamento térmico em função do diâmetro dos tubos. [47]	48
Tabela 5.	Representação de alguns tipos de bombas. Adaptado de [30].....	55
Tabela 6.	Principais tipos de corrosão nas tubagens das redes prediais de águas. [39] ..	67
Tabela 7.	Valores máximos de ruído admissíveis em função do tipo de edifício. [62]...	70
Tabela 8.	Tipos de plásticos e suas densidades. Adaptado de [77], [78].	93
Tabela 9.	Exemplo de produtos de matéria-prima reciclada. Adaptado de [21], [76] ..	101

SIMBOLOGIA

AEA – Agência Europeia de Ambiente

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APIP – Associação Portuguesa de Indústria de Plásticos

ASIM – Sociedade Americana de Ensaios de Materiais

ECPI – Conselho Europeu de Produtores de Plastificantes

ECVM – Conselho Europeu dos Produtores de Vinilo

ESPA – Associação Europeia dos Produtores de Estabilizantes

EuPC – Associação dos Transformadores Europeus de Plásticos

FBCF – Formação Bruta de Capital Fixo

FPS – Fichas de Procedimentos de Segurança

IPQ – Instituto Português da Qualidade

LER – Lista Europeia de Resíduos

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PB – Polibutileno

PE – Polietileno

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PEMD – Polietileno de Média Densidade

PEX – Polietileno Reticulado

PIB – Produto Interno Bruto

PP – Polipropileno

PPG – Plano de Prevenção e Gestão

PSS – Plano de Segurança e Saúde

PVC – Policloreto de Vinilo

PVCC – Policloreto de Vinilo Clorado

QUERCUS – Associação Nacional de Conservação da Natureza

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

SIRAPA – Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente

SPI – Associação Americana de Indústria de Plásticos

TEPPFA – Associação Europeia dos Produtores de Tubagens e Acessórios em Plástico

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do Tema

O rápido crescimento da população mundial e o crescente desenvolvimento das suas actividades económicas e estilos de vida têm levado a uma degradação ambiental, com a contaminação e o esgotamento dos recursos naturais. Revela-se portanto crucial reduzir os impactos destas actividades, de modo a permitir o desenvolvimento sustentável.

Apesar de tudo isto, nos últimos anos a preocupação da humanidade com o futuro do planeta, em particular dos seus recursos naturais, tem aumentado, fruto do despontar da consciência do impacto da sua actividade no meio ambiente em que habita e de que se serve. Existe hoje uma preocupação crescente com os recursos que serão deixados às gerações vindouras, para que possam ter uma qualidade de vida superior ou similar à actual.

Deste modo, resulta uma definição de desenvolvimento sustentável, como sendo aquele que garante a satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem também as suas próprias necessidades. Este princípio pode ser enquadrado em praticamente toda a actividade humana, principalmente naquelas que têm impacto directo sobre o ambiente, como é o caso do sector da construção. [1]

O desenvolvimento acelerado e descontrolado do sector da construção nas últimas décadas tem contribuído para uma ineficiência do consumo de materiais e de matérias-primas, originando a produção de resíduos em larga escala. [2]

Assim, a par da gestão da qualidade da água, do ar, dos solos e do clima, entre outros domínios do ambiente, a humanidade vê-se a braços com a problemática da gestão de resíduos que produz, entre os quais os Resíduos de Construção e Demolição (RCD), cujo seu crescimento tem sido acelerado e o seu impacto no meio ambiente tem ganho cada vez maior expressão. Daí que a regulação dos RCD seja considerada prioritária, tanto na estratégia da Comunidade Europeia, como em Portugal.

As crescentes exigências técnicas e legais que são implementadas para melhorar a qualidade, conforto e a segurança de todos aqueles que utilizam as construções, dão origem à aplicação de novos materiais e de novas técnicas construtivas. Este facto leva ao aumento

da produção de RCD cada vez mais diversificados, sendo a sua gestão cada vez mais difícil. [2]

Ao nível das taxas de reciclagem de RCD na Europa, variam desde menos de 5% (estimados) na Grécia, Irlanda, Portugal e Espanha, até mais de 80% na Bélgica e Dinamarca, atingindo 90% na Holanda. A ampla variação destas taxas deve-se a factores tais como recursos naturais, distâncias de transporte, economia, tecnologia e densidade populacional. [3]

No cenário global da produção de resíduos, os dados da Agência Europeia de Ambiente (AEA) atribuem ao sector da construção o peso de 22% nessa produção. [3]

Ainda assim, a AEA prevê um aumento crescente da produção de RCD na Europa Comunitária. Este crescimento tem efeitos práticos em Portugal, onde grande parte do seu parque habitacional está bastante degradado, fruto da sua idade avançada. Por tudo isto, o sector da construção deve assumir um papel fundamental na redução destes valores, de modo a garantir a sua sustentabilidade. [3]

Neste sentido, a adopção da técnica de Desconstrução, em detrimento da demolição tradicional, tem o potencial de reduzir as matérias-primas consumidas, as emissões gasosas nocivas, a produção de resíduos e a energia consumida pela indústria da construção, contribuindo assim para o tão necessário desenvolvimento sustentável.

A Desconstrução é portanto, um processo que se caracteriza pelo desmantelamento cuidadoso, de modo a possibilitar a recuperação de materiais e componentes da construção, promovendo a sua reutilização ou reciclagem, tendo em vista a sua máxima valorização. Assim procura-se manter, o mais possível, o valor dos materiais existentes nos edifícios, através de técnicas que permitam a sua reutilização ou reciclagem mais eficiente. [4]

Deste modo, a aplicação desta técnica aos sistemas prediais de águas permitirá obter uma menor heterogeneidade no fluxo de RCD, permitindo obter uma reutilização ou reciclagem mais eficiente dos mesmos.

Apesar de a sociedade demonstrar preocupação com os RCD, em função da quantidade gerada e, principalmente, pelos problemas causados pela sua deposição indevida, eles têm recebido pouca atenção e regulamentação do governo e do próprio sector de construção. Porém, a aprovação recente de um novo regime de gestão dos RCD, vem tentar colmatar a falha anterior que existia na gestão dos mesmos.

1.2. Objectivos

Como principais objectivos para a realização deste trabalho apresentam-se os seguintes:

- Estimular e sensibilizar os diversos intervenientes no sector da construção civil para a problemática dos resíduos provenientes da actividade deste sector;
- Caracterizar a actividade de Desconstrução, assim como demonstrar a importância de uma gestão integrada dos resíduos desta actividade como forma de valorização dos mesmos e de minimização do consumo de energia e de matérias-primas;
- Descrever os principais materiais, dispositivos de utilização e equipamentos mais utilizados nos sistemas prediais de águas de modo a servir de base de conhecimento antes do início dos trabalhos de Desconstrução dos mesmos.
- Indicar as principais patologias e suas origens nos sistemas prediais de águas, apresentando ainda procedimentos orientados para as actividades de reabilitação destes sistemas;
- Estabelecer um guia prático de procedimentos pré-definidos, com vista à implementação da técnica de Desconstrução aos sistemas prediais de águas;
- Apresentar procedimentos e processos de reciclagem para os resíduos provenientes da actividade de Desconstrução dos sistemas prediais de águas;

1.3. Motivação

O facto de vivermos num planeta com recursos finitos e a falta de sensibilidade que a humanidade tem tido na preservação dos mesmos, apresentam-se como principais linhas estimulantes para tentar criar procedimentos e metodologias que transformem a actividade da construção ambientalmente sustentável. Desta forma, a Desconstrução dos sistemas prediais de águas, no tipo de obras em que este conceito possa ser implementado, surge como um conceito inovador. Pois, a sua aplicação prática tem potencial para aumentar a eficiência ecológica deste sector, assim como garantir a sustentabilidade do sector da construção civil, e consequentemente o desenvolvimento sustentável da humanidade.

1.4. Organização

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos, os quais são brevemente descritos a seguir:

Capítulo 1 – Introdução – Neste capítulo apresenta-se o enquadramento do tema, assim como os objectivos, a motivação, a organização e a metodologia deste trabalho.

Capítulo 2 – Estado da Arte – Neste capítulo descreve-se o sector da construção civil, assim como a sua contribuição para o consumo dos recursos naturais existentes e a produção de resíduos. Procura-se também caracterizar a actividade de Desconstrução, nomeadamente as suas origens e o tipo de obras em que esta técnica pode ser implementada. Caracterizam-se ainda nesta secção, os RCD, assim como também se descreve a situação nacional e europeia ao nível da gestão destes resíduos. Por fim faz-se referência à hierarquia da gestão de resíduos, a algumas dificuldades e benefícios da gestão de resíduos, assim como a alguns projectos de gestão de RCD de relevo.

Capítulo 3 – Componentes e Patologias dos Sistemas Prediais de Águas – Neste capítulo faz-se uma descrição de alguns dos tipos de materiais e equipamentos existentes nas redes prediais de distribuição de águas. Apresentam-se ainda algumas das patologias e causas associadas à perda de desempenho funcional destes sistemas, assim como também se apresentam algumas medidas para actividades de reabilitação dos sistemas prediais de águas, de modo a suprimir alguns dos seus principais problemas.

Capítulo 4 – Guia para a Desconstrução dos Sistemas Prediais de Águas – Neste capítulo procuram-se definir procedimentos para o processo de Desconstrução dos sistemas prediais de águas, assim como identificar alguns métodos e/ou procedimentos de reciclagem para os principais resíduos resultantes desta actividade. Por último, apresentam-se algumas dificuldades, desafios e estratégias para o sucesso da técnica de Desconstrução.

Capítulo 5 – Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros – Neste capítulo apresentam-se as conclusões finais obtidas durante a realização deste trabalho, assim como também se apontam algumas das dificuldades encontradas para a realização do mesmo. Para finalizar deixam-se algumas sugestões para trabalhos futuros.

1.5. Método de Investigação

Dada a reduzida bibliografia existente sobre esta matéria, a pesquisa foi elaborada principalmente com recurso à “Internet”. Numa primeira fase procurou-se descrever o sector da construção civil e sua produção de resíduos, assim como caracterizar a actividade de Desconstrução. Posteriormente procurou-se descrever os principais materiais e equipamentos presentes nos sistemas prediais de águas, bem como as suas principais patologias e origens associadas. Seguidamente procurou-se elaborar um Guia Técnico que possibilite fácil assimilação dos conceitos que levam à gestão eficiente dos RCD, nomeadamente os resíduos provenientes da Desconstrução dos sistemas prediais de águas. Tentaram-se ainda identificar as principais formas de reciclagem dos resíduos resultantes desta actividade, e por fim identificam-se algumas das principais dificuldades, desafios e estratégias para o sucesso da Desconstrução.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Introdução

Neste capítulo realiza-se um estudo do sector da construção civil e seus respectivos impactos na economia e principalmente no meio ambiente. Procura-se também identificar a actividade de Desconstrução neste sector, como sendo a solução mais amiga do ambiente em obras de demolição e de reabilitação/manutenção, por assentar na possibilidade de contribuir para uma gestão eficiente dos resíduos produzidos nestas obras. Por fim caracterizam-se os resíduos resultantes desta actividade, referem-se as melhores opções para a gestão dos mesmos e ainda se descreve de forma não exaustiva a questão dos RCD em alguns países da Europa, assim como alguns projectos ao nível da Gestão de Resíduos.

2.2. Caracterização do Sector da Construção Civil

A construção civil é uma actividade que existe desde os primórdios da humanidade. No entanto, tem-se assistido a um desenvolvimento acelerado nas últimas décadas, muito devido à aceleração do processo de urbanização.[5]

Em Portugal, à semelhança do que acontece em outros países, o sector da construção civil é considerado como essencial para a economia, pois contribui com cerca de 7-9% para o Produto Interno Bruto Nacional (PIB), com aproximadamente 9% de emprego e ainda com mais de 50% da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF). Ao nível do emprego estima-se que cada emprego directo criado pelo sector da construção civil gere 3 postos de trabalho no conjunto da economia, não incluindo o impacto induzido por efeito multiplicador do investimento adicional em construção sobre o rendimento do agregado. [5], [6]

O sector da construção civil é assim responsável pela dinamização da economia, visto exercer influência de forma directa na promoção e mediação imobiliária, no sector dos materiais de construção, na produção de equipamentos, de mobiliário, de decoração, de electrodomésticos, entre outros. A construção civil é uma actividade económica com especificidades próprias, caracterizada por grandes diversidades: [5], [6]

- Clientes; Vão desde o Estado ou das Autarquias até ao particular que pretende auto-construir, não esquecendo ainda as grandes empresas multinacionais e os pequenos promotores tradicionais, que também constroem;
- Projectos; Cada obra apresenta características diferentes, dificultando assim a estandardização de processos;
- Produtos; Diferentes produtos, quer no caso das habitações tradicionais, como no caso de obras de engenharia mais complexas;
- Operações produtivas; O produto final resulta, geralmente da intervenção de várias especialidades com graus diferenciados de exigência e tecnologia;
- Tecnologias; Devido à intervenção numa empreitada de diversas especialidades e da coexistência de diferentes níveis de tecnologias;
- Unidades produtivas; Vão desde grandes empresas com grande capacidade, meios e tecnologicamente evoluídas até aos pequenos empresários com fracos meios e por vezes com aproveitamento limitado das tecnologias disponíveis.

Para além do referido, o sector da construção civil apresenta ainda uma importância acrescida, devido ao facto de ser dele que depende a melhoria das acessibilidades, das infra-estruturas básicas, e indirectamente das condições de trabalho e de bem-estar social.

[5]

O sector da construção civil pode dividir-se em quatro segmentos: [6]

- Manutenção e Recuperação;
- Residencial;
- “Engenharia Civil” (excepto Residencial, ex: Obras de Arte);
- Não Residencial (ex: Pavilhões Industriais).

Dos segmentos apresentados, os que apresentam maior peso na estrutura produtiva em Portugal, são o Residencial e o de “Engenharia Civil”, porém no resto da Europa predomina o segmento da Manutenção e Recuperação, sendo mesmo a componente produtiva mais dinâmica e a que tem registado maiores crescimentos nos últimos 20 anos. Estas diferenças caracterizam estados de desenvolvimento económico distintos, o que

induz a uma tendência de longo prazo de aumento do peso do segmento de Manutenção e Recuperação à medida que se verifica um maior nível de desenvolvimento do país. [6]

Porém, apesar de todo o desenvolvimento e evolução a que o sector da construção civil tem assistido, estes traduziram-se num aumento da produção de RCD e na crescente dificuldade da sua gestão. É inegável que a quantidade e o tipo de resíduos que são produzidos por este sector vão-se acumulando, esgotando as capacidades dos aterros existentes e causando sérios problemas ambientais, sociais e económicos quando depositados clandestinamente. [5]

O sector da construção civil em Portugal assenta numa estrutura empresarial onde predominam as pequenas empresas, muitas vezes sem qualquer tipo de formação sobre a gestão de resíduos, o que dá origem a práticas ambientais incorrectas. Outros factores a ter em conta são as características específicas da mão-de-obra a laborar nestas empresas, as quais constituem grandes constrangimentos do sector, devido à sua falta de qualificações a par da elevada rotatividade e precariedade de emprego.

Ao nível ambiental, a construção civil implica ainda a extracção de recursos naturais e minerais, tais como água, minérios e agregados naturais, bem como o consumo de energia, sendo que alguns destes recursos têm reservas limitadas e outros, apesar de renováveis, requerem uma gestão adequada. Outras considerações a ter em conta no que diz respeito ao impacto desta actividade no meio ambiente são a deterioração da qualidade do solo (compactação e alteração da sua composição), a deterioração da qualidade do ar (libertação de poeiras, odores e gases com efeito de estufa), a contaminação de águas superficiais e subterrâneas e ainda a alteração de paisagens e habitats. [2], [7]

De acordo com o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*, o sector da construção civil é responsável: [8]

- Pelo consumo de 12-16% de água potável;
- Pelo consumo de 25% da madeira florestal;
- Pelo consumo de 30-40% da energia produzida;
- Por 40% da produção de matéria-prima extractiva;
- Pela emissão de 20-30% de gases com efeito de estufa;
- Pela produção de 40% do total dos resíduos, dos quais 15-30% são depositados em aterros sanitários;

- Por 15% dos materiais se transformarem, durante a execução da obra, em resíduos.

A natureza dos resíduos produzidos por esta actividade está directamente relacionada com as técnicas de construção e os materiais utilizados, sendo as principais fontes de RCD as actividades de demolição de edifícios em fim de vida. Neste sentido o recurso à técnica de Desconstrução em substituição da demolição tradicional (demolição indiferenciada) poderá constituir um contributo para o desenvolvimento sustentável do sector da construção civil.

2.3. Caracterização da Actividade de Desconstrução

2.3.1. Generalidades

Como se referiu anteriormente, a Desconstrução é um processo de demolição selectiva que se caracteriza pelo desmantelamento cuidadoso dos edifícios, e que tem como objectivo a recuperação da quantidade máxima de elementos construtivos e de materiais, promovendo a sua reutilização ou reciclagem em detrimento da deposição indiferenciada em aterro. Em boa verdade, a Desconstrução permite que o resultado final do desmantelamento de um edifício não seja um amontoado heterogéneo de resíduos, cujas oportunidades de reaproveitamento são mínimas.

2.3.2. Evolução da Actividade

A Desconstrução não é um conceito totalmente novo em Portugal, pois nos finais do século XIX eram construídas por toda a Europa estruturas de engenharia avançada tais como mercados, pavilhões para exposições, fábricas ou grandes estações ferroviárias que mais tarde eram desmontadas e reconstruídas noutros locais. No entanto, a evolução tecnológica e social ditou que este conceito fosse esquecido, para agora vir ressurgir, desta

vez assente na possibilidade de contribuir para a construção sustentável tão reivindicada devido aos actuais constrangimentos ambientais. [3]

A utilização do conceito de Desconstrução é particularmente importante uma vez que, hoje em dia, em Portugal como na generalidade dos países desenvolvidos, existe um movimento de renovação urbana ditado por uma necessidade de melhor aproveitamento do solo em zonas de elevada densidade populacional. Isto acontece devido à criação de novas imposições regulamentares, por mudanças tecnológicas rápidas na indústria da construção e ainda por deterioração ou presença de materiais perigosos nas construções (ex: amianto nas coberturas, ou tubagens de chumbo nas redes prediais de distribuição de águas). [3]

Actualmente, no nosso país, novos empreendimentos nascem onde por vezes existiam construções que já não conseguem responder às necessidades para as quais tinham sido criadas. Na grande maioria destes casos, procede-se à demolição tradicional, ou seja, sem qualquer tipo de preocupação no sentido da recuperação de componentes, elementos ou materiais de construção. A falta de uma metodologia adequada de desmantelamento e aproveitamento leva a que materiais de construção passíveis de serem reutilizados ou reciclados sejam muitas vezes levados para aterros. Neste sentido, o uso de procedimentos de Desconstrução é uma via para se atingir a sustentabilidade do sector da construção, pois para além de garantirmos o nosso futuro, preservando recursos naturais para o fabrico de novos materiais, estamos também a criar um novo mercado, o de materiais usados e reciclados, logo mais emprego, o que com a actual conjuntura económica é muito positivo. [4]

O sector da construção civil tem no nosso país uma importância muito significativa, como se referiu anteriormente. Porém, são muitos os exemplos de má gestão ambiental, nomeadamente ao nível da deposição dos resíduos das obras. Num período em que a actividade deste sector é mais reduzida, é imprescindível que as empresas de construção tenham capacidade para dar resposta a todas as exigências dos concursos, que cada vez mais incluem uma componente ambiental. [4]

A Desconstrução é uma técnica de demolição selectiva que pode ser implementada em vários tipos de obras, nomeadamente em obras de demolição. Revela-se portanto importante apresentar a evolução em termos quantitativos deste tipo de obras e compará-la com a evolução do número de obras de edificação, de modo a verificar-se o potencial de implementação desta técnica.

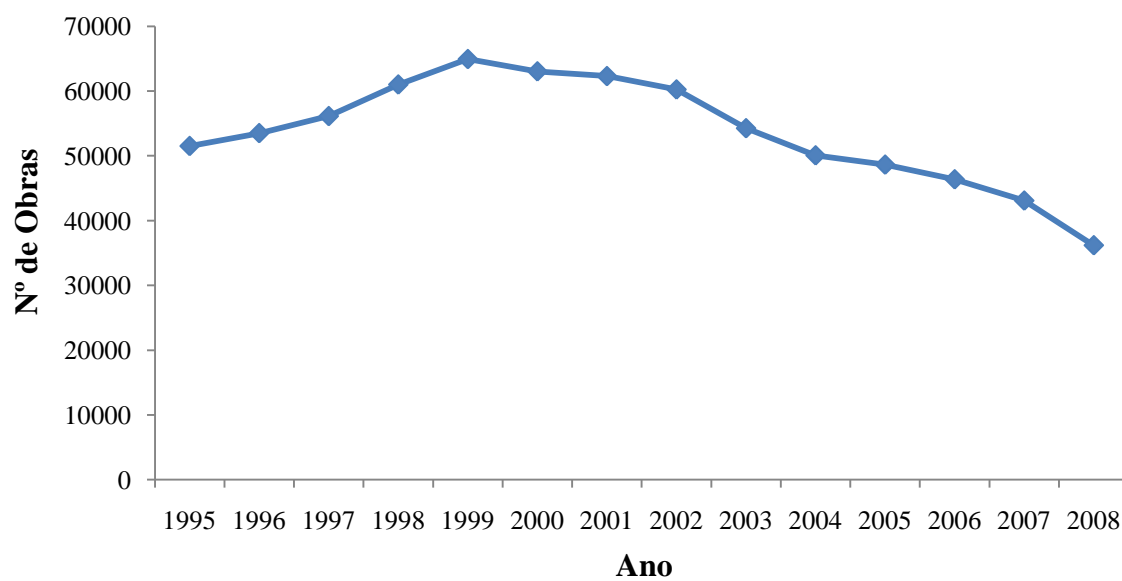


Figura 1. Evolução do número de obras de edificação desde 1995. [9]

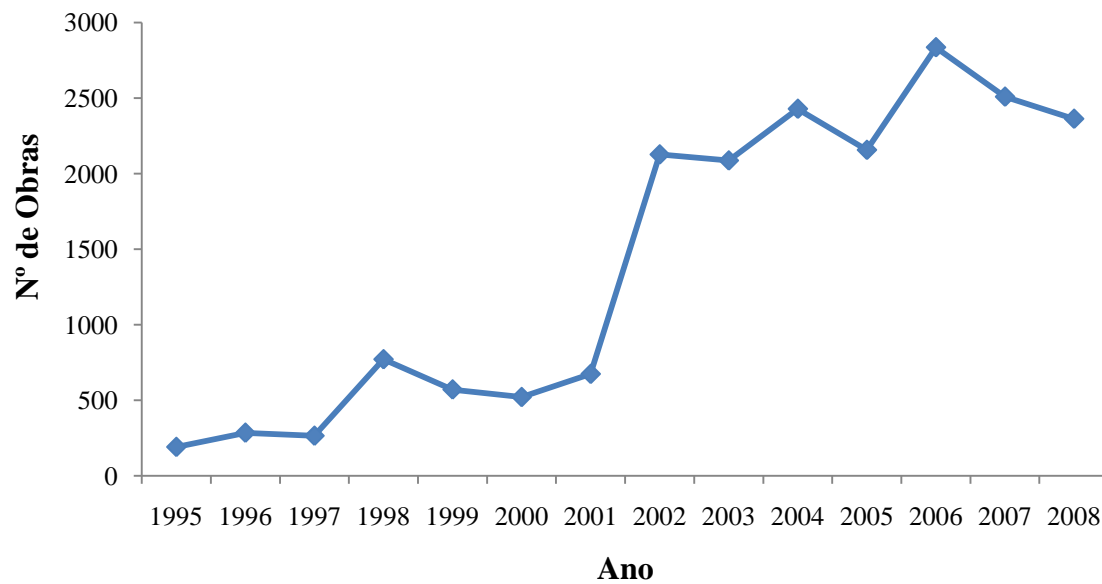


Figura 2. Evolução do número de obras de demolição desde 1995. [9]

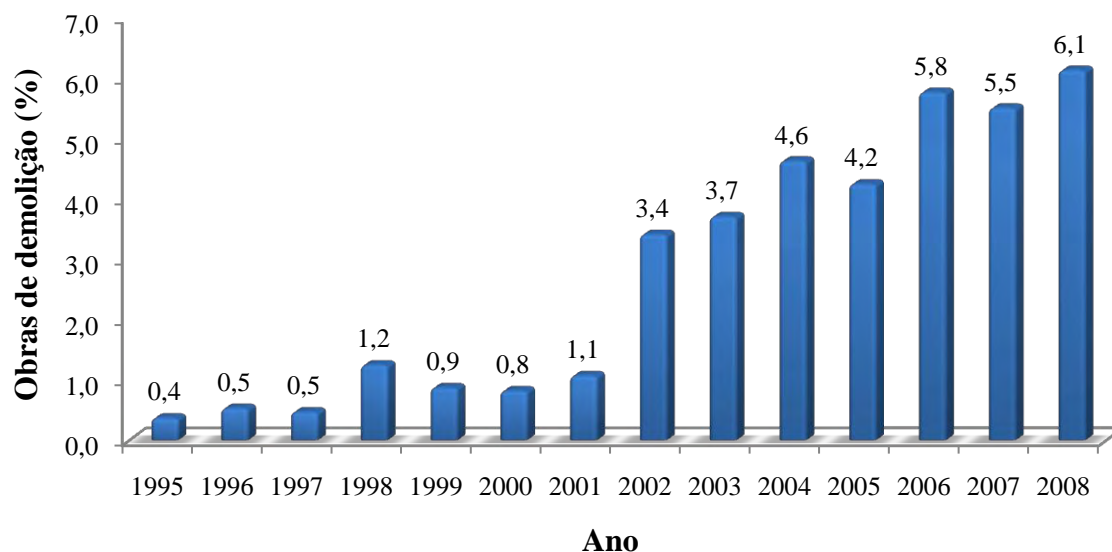


Figura 3. Evolução da cota de mercado do número de obras de demolição, em termos percentuais. [9]

A partir da análise dos gráficos anteriores, conclui-se que a partir de 1999 o número de obras de edificação começa a diminuir, depois de ter atingido valores bastante altos, enquanto no caso das obras de demolição, estas revelam sempre uma tendência de subida.

Pode-se referir que a intensa actividade no sector da construção civil, mais propriamente no segmento Residencial, registada no final dos anos 90, levou à proliferação da construção de edifícios de péssima qualidade, traduzindo-se na diminuição do seu ciclo de vida, implicando o agravamento do número de demolições no país, pelo que a tendência de subida do número de obras de demolição será para manter.

Esta análise permite ainda concluir que a possibilidade de implementação de programas de Desconstrução tem vindo a aumentar, e que aliada à publicação crescente de legislação com o objectivo da regulamentação da gestão dos resíduos provenientes destas actividades garante um futuro promissor no que diz respeito à evolução da aplicação do conceito de Desconstrução no sector da construção civil.

2.3.3. A Importância da Desconstrução

A mais-valia em termos ambientais da Desconstrução está no facto desta permitir a valorização de resíduos, permitindo cumprir de forma mais eficaz a hierarquia da valorização dos resíduos aplicada à indústria da construção. O seguinte esquema representa sucintamente esta função.

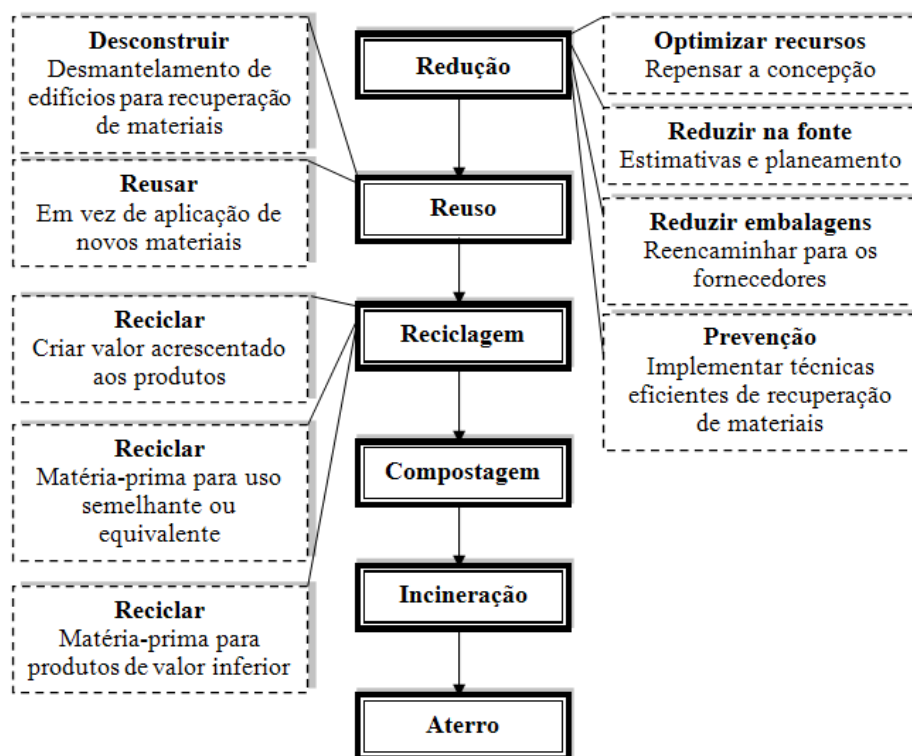


Figura 4. Diagrama de etapas para a valorização dos resíduos da Desconstrução.

Adaptado de [4], [10]

A Desconstrução, grosso modo, possibilita e tem como objectivos: [4], [10], [11]

- A diminuição do volume de resíduos enviado para aterros;
- A reutilização de materiais;
- A reciclagem de materiais;
- A inovação e tecnologia;
- A sustentabilidade na construção;
- O aparecimento de novos mercados – o de materiais usados e reciclados;
- Benefícios económicos e ambientais.

Na verdade, se não optarmos pela Desconstrução, o que obtemos é um amontoado de resíduos cujo reaproveitamento se torna impraticável. A figura seguinte ilustra duas demolições indiferenciadas, onde é possível ver que a realização de demolição indiferenciada inviabiliza qualquer tipo de reutilização e compromete a qualidade do processo de triagem para a realização da reciclagem dos materiais e elementos obtidos.



Figura 5. Resultado de duas demolições indiferenciadas. [2]

O sucesso da técnica de Desconstrução, permite que o resultado final seja completamente diferente do mostrado anteriormente. Na figura seguinte mostra-se o resultado final de uma Desconstrução, em que o objectivo é a reutilização dos materiais retirados do edifício.

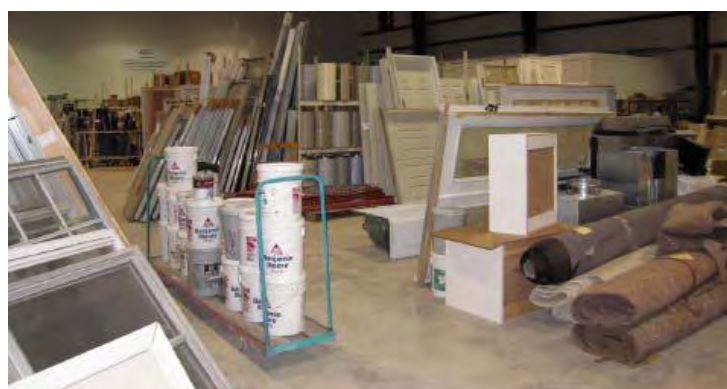


Figura 6. Resultado de uma Desconstrução tendo em vista a reutilização dos materiais retirados. [2]

2.3.4. A Desconstrução na Reabilitação

Portugal é o país da Europa que, relativamente à sua população, apresenta maior “stock” de habitações. Grande parte deste “stock” corresponde a inúmeros edifícios que carecem de intervenções a vários níveis, ou seja existe um vasto património que abre grandes possibilidades à reabilitação. [4]

A Reabilitação e a Desconstrução são conceitos que se enquadram na sustentabilidade da construção, uma vez que ambos têm como objectivo a valorização dos recursos existentes. A valorização do aproveitamento de edifícios existentes diminui a necessidade de novas construções, aliviando assim a pressão de expansão para terrenos envolventes aos centros urbanos, onde por vezes o valor ambiental é muito elevado. [4]

Na realização de actividades de reabilitação de edifícios, procede-se frequentemente à demolição de parte dos seus componentes, fruto do seu elevado nível de degradação, ou devido a condicionalismos funcionais, ou ainda devido a novas imposições regulamentares (ex: substituição de tubagens de chumbo na distribuição predial de águas). Em resultado são obtidos resíduos que por vezes são mal geridos, como se poder ver pela imagem seguinte.



Figura 7. Exemplo de resíduos provenientes de uma obra de reabilitação. [12]

2.3.5. A Desconstrução na Demolição

As actividades de demolição de edifícios em Portugal são geralmente efectuadas com equipamentos mecânicos de grande porte, o que normalmente se traduz num fraco

resultado final, ou seja, um grande volume de resíduos com características heterogêneas, cujo aproveitamento se torna dificilmente praticável. Na figura seguinte está representada uma actividade de demolição, em que apesar de esta já se encontrar em curso, ainda se podem identificar caixilharias, tubagens, entre outros, o que revela a falta de sensibilidade para a problemática dos RCD por parte do Dono de Obra e da Entidade Executante.



Figura 8. Exemplo de demolição indiferenciada. [3]

No entanto, a frequência de realização de obras de demolição em que é introduzido o conceito de Desconstrução, tem vindo a aumentar no nosso país, fruto da evolução do nível de desenvolvimento do mesmo. Veja-se por exemplo o caso da demolição da Aldeia da Luz, aquando da construção da barragem do Alqueva, em que o desmantelamento foi realizado com a finalidade de recuperar elementos de interesse patrimonial, entre outros, sendo que os materiais contaminantes foram removidos. A povoação da aldeia e os elementos de valor patrimonial do edificado, incluindo o cemitério, foram transferidos, literalmente, para outra localização para que não se perdesse o património arquitectónico e cultural aquando da inundação do local com a entrada em funcionamento da barragem. [3]



Figura 9. Evolução do desmantelamento da Aldeia da Luz. [3]

Existem ainda outros casos que constituem exemplos a seguir, como sejam a demolição do antigo estádio da Luz e do estádio das Antas, aquando da construção de novos estádios de futebol para o Euro 2004 e ainda o caso da demolição do Hotel Estoril Sol, entre outros.

A Desconstrução está também associada ao conceito de demolição controlada, onde se tenta condicionar a produção de ruído, pó e vibrações, a dispersão de fragmentos e a contaminação do meio por substâncias perigosas, o que nos grandes centros urbanos revela-se também uma vantagem bastante promissora.

Por outro lado, ao existir a possibilidade de valorizar os resíduos das demolições em alternativa ao envio para aterro, é possível amortecer os custos de uma Desconstrução, tanto a nível de poupança de taxas de deposição como de custos de transporte, sendo viável, mediante certas condições, torná-la competitiva em relação a uma demolição convencional. [3]

2.3.6. A Desconstrução aplicada aos Sistemas Prediais de Águas

As instalações prediais de águas têm um custo que se localiza geralmente entre 3-6% do custo global dos edifícios, daí que as mesmas sejam vistas com algum desprezo por parte dos donos de obra na perspectiva da sua reutilização. A contribuir para este facto estão ainda questões de saúde pública e também as manifestações patológicas que podem surgir nos edifícios, fruto da falta de qualidade das redes prediais de distribuição de águas, que levam a elevados prejuízos. Porém, no que diz respeito aos equipamentos e dispositivos das redes prediais de distribuição de águas, estes possuem elevado valor para reutilização, que geralmente não é aproveitado.

Opta-se, portanto, na maioria das vezes, pela substituição integral das redes prediais, sendo posteriormente encaminhados, os elementos desconstruídos, para centros de reciclagem.



Figura 10. Exemplo de tubagens plásticas provenientes da Desconstrução de sistemas prediais. [13]

2.4. Resíduos da Construção e Demolição

2.4.1. Generalidades

De acordo com o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, que aprova o Regime Geral de Gestão de Resíduos, um resíduo é “qualquer substância ou objecto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou obrigação de se desfazer, nomeadamente os identificados na Lista Europeia de Resíduos” (LER). [14]

Segundo o mesmo documento, os RCD são um conjunto de resíduos que são “provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações”. [14]

2.4.2. Enquadramento Nacional

Os RCD estão classificados na Portaria n.º 209/2004 (capítulo 17), que define a LER, onde os diversos resíduos estão identificados por um código de seis dígitos, sendo que os primeiros dois correspondem ao capítulo que os identifica, e os restantes dígitos correspondem a processos mais específicos. No Anexo I deste trabalho apresenta-se o capítulo 17 da LER. [15]

A dimensão e o impacto da problemática dos resíduos levaram a que surgisse o Regime Geral da Gestão de Resíduos, com vista à implementação de legislação específica sobre a matéria, através da publicação do Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro. Porém, as medidas no âmbito dos RCD, eram ainda muito deficientes e claramente insuficientes face às dimensões e diversidade que estes assumem.

Neste sentido, a necessidade de dar um destino adequado aos RCD, tendo em vista a sua valorização, conduziu à criação de uma legislação específica no espaço Europeu com transposição para o direito interno. Deste modo, a partir do dia 12 de Março de 2008, os RCD passaram a ser regulados segundo o Decreto-Lei n.º 46/2008, que aprova o Regime da Gestão de RCD. Este diploma estabelece os princípios básicos das operações de gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas, compreendendo a sua prevenção e reutilização, e as suas operações de recolha, transporte, armazenamento, triagem, valorização e eliminação. Assim como a atribuição da responsabilidade da gestão de resíduos a todos os intervenientes no seu ciclo de vida. [16]

De acordo com o n.º2 do artigo 12º do Decreto-Lei n.º 46/2008, o transporte de resíduos é acompanhado por uma guia, a qual é definida pela Portaria n.º 417/2008, de 11 de Junho. As guias podem ser de dois tipos: guia para os RCD provenientes de um único produtor/ detentor e guia para os RCD provenientes de mais de um produtor/detentor. Estas guias estão disponibilizadas pela Portaria n.º 417/2008 e encontram-se no Anexo II deste trabalho. [17]

O Decreto-Lei n.º 46/2008 prevê ainda que, nas empreitadas e concessões de obras públicas, o projecto de execução seja acompanhado de um Plano de Prevenção e Gestão de RCD (PPG), o qual assegura o cumprimento dos princípios gerais da gestão de RCD. É da competência da Entidade Executante ou do Concessionário executar o PPG, que se deverá encontrar disponível no local da obra, para efeitos de fiscalização, mediante entidades habilitadas para o efeito, e que, deverá ainda ser do conhecimento de todos os intervenientes na execução da obra. O modelo do PPG de RCD encontra-se disponível no portal da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), ao abrigo do n.º6 do artigo 10º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março. No Anexo III deste trabalho é apresentado um modelo do PPG.

2.4.3. Composição e Classificação dos RCD

Os RCD caracterizam-se por possuírem uma mistura de materiais muito diversificada, sendo possível encontrar vários tipos de materiais na sua composição. A maioria é composta por material inerte, mais precisamente cerca de 90% do seu volume. Seguidamente na figura 11 ilustra-se a composição média dos RCD, no ano 1995 na Europa Ocidental, através de um gráfico de barras.

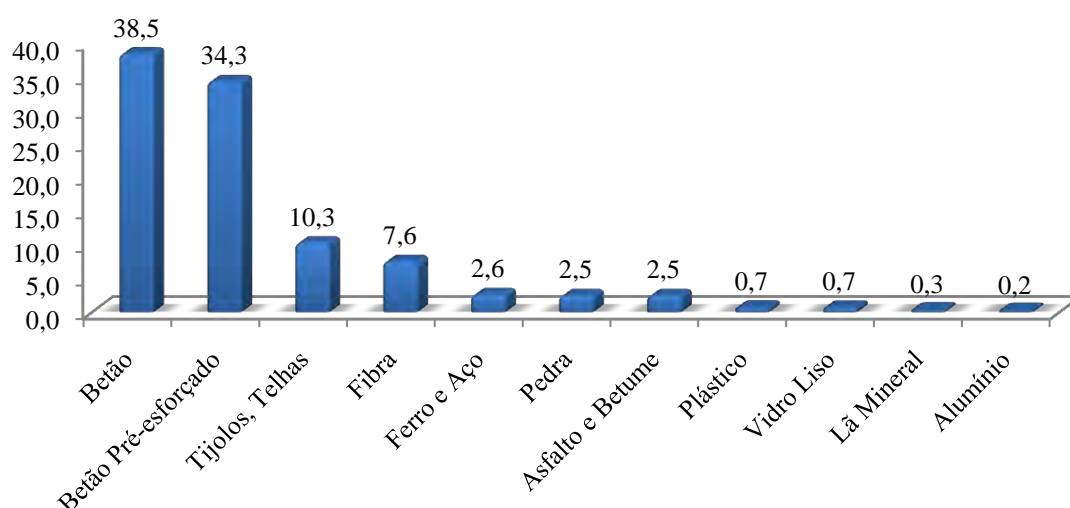


Figura 11. Composição média em termos percentuais dos RCD na Europa Ocidental no ano 1995. [18]

Os RCD podem ser classificados de acordo com o tipo de obra, o tipo de material e ainda o tipo de destino final do resíduo. [19], [7], [14], [20]

2.4.3.1. Classificação de acordo com o Tipo de Obra

Resíduos de Construção – São gerados durante os trabalhos de construção e provêm na sua grande maioria de restos e perdas de materiais usados na obra.

Resíduos de Reparação ou Remodelação – São resultantes de obras ou reparos de pequena dimensão. Estes possuem baixo valor quantitativo mas elevada heterogeneidade.

Resíduos de Demolição – São provenientes de trabalhos de demolição e por isso apresentam grandes quantidades, sendo a maior parte constituída por material inerte.

2.4.3.2. Classificação segundo o Tipo de Material

Resíduos Inertes – São aqueles que não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas importantes e, em consequência, não podem ser solúveis nem inflamáveis, nem ter qualquer tipo de reacção física ou química, nem afectar negativamente outras substâncias com as quais entre em contacto de forma susceptível de aumentar a poluição do ambiente ou prejudicar a saúde humana (ex: alvenarias, argamassas).

Resíduos não Inertes – São aqueles que não apresentam perigosidade directa para a saúde ou para o ambiente.

Resíduos Perigosos – São aqueles que apresentam, pelo menos, uma característica de perigosidade para a saúde ou para o ambiente, nomeadamente os identificados como tal na LER.

2.4.3.3. Classificação segundo o Destino Final do Resíduo

Resíduos Reutilizáveis – São todos aqueles que podem ser novamente utilizados dentro do seu ciclo de produção sem que tenham qualquer tipo de alteração para tal.

Resíduos Recicláveis – São aqueles cuja sua reutilização já não é possível, mas que, de acordo com as suas características têm elevado valor para serem reciclados.

Resíduos não Recicláveis – São aqueles que não pertencem aos dois grupos anteriores (ex: os materiais perigosos).

2.4.4. Hierarquia da Gestão de Resíduos

A melhor estratégia para reduzir a produção de resíduos é evitá-los. Na tabela seguinte mostram-se os pontos-chave da hierarquia da gestão de resíduos.

Produtos/Resíduos		Produtos/Resíduos		Resíduos	
Prevenção de Resíduos		Recuperação de Resíduos		Tratamento de Resíduos	
<u>Evitar</u>	<u>Reduzir na Fonte</u>	<u>Reutilizar</u>	<u>Reciclar</u>	<u>Incineração</u>	<u>Aterro</u>
Vantagens (↓)				Custos (↑)	

Tabela 1. Hierarquia da gestão de resíduos. Adaptado de [2]

A redução, reutilização e reciclagem, correntemente designadas por ciclo dos 3 R, são as principais políticas a desenvolver para uma eficiente gestão de resíduos. No entanto, revela-se essencial perceber no que consistem estas acções a desenvolver e em que situações podem e devem ser adoptadas. [2], [21]

2.4.4.1. Redução

Este é o primeiro conceito a ter em conta para uma gestão eficiente de resíduos. É fundamental perceber se é possível evitar a produção do resíduo, uma vez que quanto menor for a quantidade de resíduos produzidos, menores serão também os custos subjacentes à sua gestão.

As soluções que privilegiem a utilização de menores quantidades de materiais, têm menores custos, reduzem a poluição (menor processamento e transporte), reduzem o consumo de energia e recursos naturais, e reduzem ainda a quantidade de resíduos produzidos.

A utilização de materiais reutilizados, reciclados e biodegradáveis, deverá ser vista como uma vantagem na escolha de novos materiais.

2.4.4.2. Reutilização

Este processo tem como principal objectivo prolongar o ciclo de vida do material e deve ser tido em conta sempre que os materiais possuam ainda grande parte das suas propriedades, podendo por isso ser rentabilizados.

O desempenho destes materiais não se limita à mesma função anterior, pois devido a técnicas de reparação ou a algumas adaptações, o material poderá ter uma utilização distinta daquela que teve inicialmente.

Este procedimento implica uma separação e triagem em obra de todos os materiais com potencial de reutilização, assim como a implementação de técnicas adequadas para a sua remoção do local de origem.

2.4.4.3. Reciclagem

Este processo permite a transformação de materiais inúteis em novos produtos ou em matéria-prima para obtenção dos mesmos. Esta solução apenas deve surgir quando as anteriores esgotaram a sua capacidade de acção, ou seja, quando já não é possível aproveitar o valor contido nos produtos através de outra forma.

O sucesso deste conceito implica uma eficiente triagem, de modo a que se obtenha uma elevada taxa de reciclagem em detrimento da deposição em aterro ou incineração.

2.4.4.4. Incineração

Esta operação tem como objectivo a eliminação dos resíduos que possuam um poder calorífico significativo, ou seja de pelo menos 5000 kJ/kg. Apesar de existirem poucos dados objectivos no que diz respeito a este processo, sabe-se que, com base em algumas experiências de vários países da Europa, é possível obter através desta técnica taxas de eliminação de resíduos de cerca de 99%, sendo que as concentrações de dioxinas e furanos originadas no processo, revelam-se relativamente baixas. Esta técnica para além de permitir a redução do volume dos aterros, permite eventualmente a valorização energética dos resíduos, para a criação de novos produtos ou energia.

2.4.4.5. Aterro

Para todos os resíduos, em que a aplicação dos processos anteriormente descritos não se revele possível ou de interesse, resta apenas a deposição em aterro. O aterro é também um destino final de “eliminação”, praticamente sem qualquer possibilidade de aproveitamento.

2.4.5. Dificuldades e Benefícios da Gestão de Resíduos

A gestão de resíduos consiste na adopção de um conjunto de metodologias que compreendem diversos intervenientes e que devem ser implementadas quer na fase de planeamento, quer na fase de execução da obra.

A condição fundamental que torna viável a competitividade da Desconstrução é, sem dúvida, a capacidade de tirar proveitos da gestão dos resíduos gerados. Porém, existem vários factores associados ao fluxo dos RCD que dificultam a correcta gestão e tratamento dos mesmos, como sendo: [2], [7], [19]

- Ausência de informação fiável sobre dados quantitativos; Os dados existentes, para Portugal, referem-se apenas a estimativas, que por vezes indicam uma enorme diversidade de resultados. No entanto, desde Novembro de 2008 que está disponível um novo sistema de registo de resíduos, o SIRAPA (Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente), prevendo-se que num futuro próximo dados mais fiáveis relativamente ao fluxo dos RCD estejam disponíveis.
- Elevada quantidade e heterogeneidade; Estima-se que em Portugal, segundo dados da APA, foram gerados em 2005 cerca de 7,5Mt, o que corresponde a cerca de 22% do total de resíduos produzidos no país nesse ano. O mesmo organismo prevê ainda o aumento da produção de RCD, fruto do desenvolvimento da actividade da construção civil. Outro factor não menos importante é a elevada heterogeneidade dos resíduos produzidos, fruto da diversidade de actividades envolvidas no sector da construção civil.
- Deficiente triagem realizada nas obras; A ineficiência da triagem realizada nas obras, aliada ao facto de ser frequente o aparecimento de resíduos perigosos no

fluxo de RCD, dá origem a elevados custos de gestão e tratamento, comprometendo assim a qualidade do resultado final. A criação e implementação de metodologias que potenciem a gestão eficiente dos RCD, ainda não são vistos como um investimento pela maior parte dos intervenientes no sector da construção civil.

- Práticas de gestão e tratamento desadequadas; Segundo a QUERCUS (Associação Nacional de Conservação da Natureza), estima-se que cerca de 95% dos RCD gerados têm como destino final a deposição em aterro, ou são recolhidos por empresas não licenciadas, operando a preços bastante competitivos, mas cujo local de descarga dos mesmos é difícil de identificar. A localização geograficamente dispersa e duração temporária das obras aliadas à ineficiente fiscalização, dificultam a recolha e o tratamento dos RCD, potenciando assim a proliferação de operações ilegais, nomeadamente no que diz respeito ao seu despejo em locais clandestinos.

No entanto, são vários os benefícios dos intervenientes no sector, decorrentes da gestão eficiente dos RCD. Seguidamente representam-se alguns dos principais: [2], [7]

- Benefícios Ambientais; A gestão eficiente dos RCD permite reduzir a quantidade de resíduos a depositar em aterro e contribui para a preservação dos recursos naturais. Em suma garante a sustentabilidade ambiental do sector.
- Desenvolvimento Económico; A possível valorização dos resíduos através de técnicas de reutilização e de reciclagem permite a criação de novas empresas, novos postos de trabalho e ainda novos materiais, garantindo assim o desenvolvimento económico do sector.
- Redução de Custos; A possível reutilização ou reciclagem dos resíduos permite obter ganhos e assim reduzir os custos da sua gestão. Por vezes a utilização de RCD reciclados pode relevar-se mais económica do que a utilização das matérias-primas originais.
- Distinção no Mercado; A experiência demonstrada no âmbito da gestão de resíduos revela-se uma vantagem valiosa para oferecer a clientes que estejam sensibilizados sobre a problemática dos RCD. A certificação ambiental de uma

empresa demonstra perante a sociedade a preocupação com o impacto da sua actividade no meio ambiente, contribuindo assim para a sua boa imagem.

De facto, a gestão de resíduos é, hoje em dia um dos investimentos no domínio do ambiente que tem o potencial de oferecer retorno às empresas. O gráfico seguinte mostra isso mesmo.

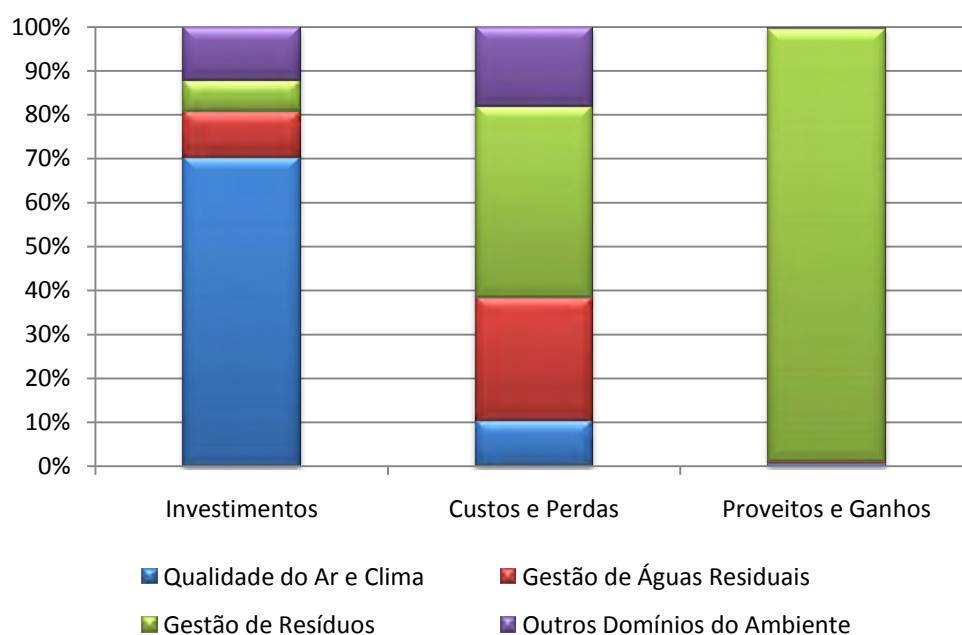


Figura 12. Estruturas das rubricas contabilísticas das empresas por domínios do Ambiente. Média aritmética de três anos consecutivos (2005, 2006 e 2007). [22]

Através da análise do gráfico anterior verifica-se portanto que a gestão de resíduos é o domínio do ambiente que apresenta maior percentagem de proveitos e ganhos, mas tem tido menores investimentos, o que justifica a elevada percentagem de custos e perdas. Revela-se portanto crucial transmitir esta conclusão, uma vez que para além de a gestão de resíduos contribuir para a sustentabilidade ambiental, ela também contribui para a sustentabilidade económica.

Estes dados aqui apresentados sobre gestão do ambiente não incluem informação do sector da construção, uma vez que os últimos dados sobre esta matéria neste sector são de 1996. [3]

2.4.6. A Gestão de Resíduos na Europa

Na União Europeia a 15, a produção de resíduos é de cerca de 3,5 toneladas por pessoa por ano, onde as actividades de construção e demolição representam, em termos quantitativos, um dos maiores produtores. Estima-se que os resíduos provenientes da construção e demolição atinjam um total de 180 milhões de toneladas por ano (cerca de 480 kg por pessoa por ano), não incluindo neste valor os resíduos referentes a escavações e construção de estradas. Porém, apenas 28% desse valor são reutilizados ou reciclados, enquanto os restantes 72% são depositados em aterros, o que, a uma densidade de 1,0, requer o equivalente a um aterro totalmente novo com 10 m de profundidade e aproximadamente a 13 km² de superfície todos os anos. A Alemanha, Reino Unido, Itália e Espanha representam cerca de 80% do total de RCD, o que é mais ou menos consistente com a parte do mercado geral da construção que cabe a estes mesmos países. [18]

No que diz respeito à reciclagem de RCD, foram realizados na Alemanha em 1928 os primeiros estudos com o objectivo de conhecer as características dos agregados reciclados. No entanto, o seu uso significativo só veio a realizar-se após a Segunda Guerra Mundial, devido à necessidade de satisfazer a grande procura por materiais de construção e também devido à necessidade de remover os escombros das cidades europeias. [23]

Com o desenvolvimento industrial, criaram-se novas tecnologias, cresceu a população, aumentou o número de pessoas nos centros urbanos e ocorreu uma diversificação do consumo de bens e serviços e, conseqüentemente, cresceu a produção de resíduos, entre os quais os RCD. Vários países europeus começaram a preocupar-se desde cedo com a gestão dos mesmos, não só devido aos seus problemas, mas também devido a alguns deles apresentarem deficiências na oferta de materiais granulares, entre os quais a Holanda, a Dinamarca, a Bélgica e algumas regiões de França. [23]

Actualmente a Bélgica, a Dinamarca e a Holanda são os países com as taxas de reciclagem mais elevadas, situando-se acima dos 80%, quando em Portugal esse valor estima-se que não ultrapasse os 5%. [7]

Em vários Estados Membros da União Europeia é comum o aproveitamento de elevada proporção de RCD, em particular da fracção derivada do cimento, tijolos e telhas, para serem triturados e reciclados como substituto de agregados de pedra extraídos em certas aplicações de grau inferior, nomeadamente para incorporarem as camadas de base e sub-base das estradas. Estes materiais originados têm, portanto, potencial para desviar

volumes equivalentes de agregados naturais, preservando assim recursos não renováveis. [18]

A Alemanha, o Reino Unido e a França apresentam taxas de reciclagem superiores a 50%, isto devido ao incentivo para uma gestão de RCD que se apoia em instrumentos económicos (taxas de deposição em aterro) e na obrigatoriedade de práticas de demolição selectiva. [19]

Em Portugal, de momento, existe pouca ou nenhuma separação e/ou reciclagem de RCD. Apesar da falta de dados quer a nível nacional como regional, estima-se que são geradas anualmente aproximadamente cerca de 7,5 milhões de toneladas de resíduos, isto segundo os dados da APA. [24]

Nas grandes e médias cidades têm vindo a ser desenvolvidos e implementados alguns sistemas de separação e valorização para fluxos de resíduos sólidos urbanos (vidro, papel, embalagens de plástico e pilhas – Ecopontos e Ecocentros) e existem também sistemas de recolha e tratamento para resíduos industriais (óleos, pneus, metais). Porém ainda não foram generalizados os sistemas para os resíduos da actividade da construção civil. Os materiais provenientes desta actividade que mais são separados e reciclados são o ferro e o aço, sendo estes na maioria dos casos geridos por operadores de sucatas. Porém, os destinos mais comuns para os RCD são aterros ou depósitos ilegais. [25]

2.4.7. Projectos de Gestão de RCD

Neste âmbito, existem no país projectos de gestão de RCD desenvolvidos em parceria com outros países da Europa, financiados pela União Europeia. Seguidamente referem-se alguns exemplos.

O projecto WAMBUCO – *European waste manual for building construction*, foi desenvolvido no âmbito do programa Europeu “Crescimento Competitivo e Sustentável” (1998-2002). Este projecto foi desenvolvido através de parcerias com pequenas e médias empresas do sector da construção da Alemanha, Dinamarca, Espanha, França e Portugal. Deste projecto resultou o primeiro “Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios”, que é dirigido a donos de obra, gestores de projecto, empresas de construção, arquitectos, empresas de recolha e tratamento de resíduos e produtores e retalhistas de

materiais de construção. Este manual é constituído por três volumes, sendo que o primeiro faz o resumo explicativo dos volumes II e III e contém ainda exemplos de fichas de resíduos específicos de construção e das fichas de resíduos de edifícios. O segundo volume trata dos resultados da investigação empírica realizada para diferentes tipos de edifícios e elementos de construção. Por último, o terceiro volume apresenta outros resultados da investigação, tais como experiências individuais dos participantes no projecto e ainda um guia para a gestão de resíduos na construção de edifícios. Porém, este instrumento é mais adequado para gestão dos resíduos de construção de edificações do que para as obras de Desconstrução. No entanto podem-se adoptar algumas linhas de orientação. [26], [25]

Outro projecto, o APPRICOD – *Assessing the potencial of plastics recycling in the construction and demolition activities*, foi patrocinado pelo Programa LIFE Ambiente da Comissão Europeia e juntou três grupos principais de accionistas: o sector da construção e demolição, autoridades locais e regionais de gestão de resíduos, e as indústrias de plásticos e recicladores europeus. Os principais objectivos para este projecto foram a optimização da recolha selectiva de resíduos plásticos da construção e demolição, a avaliação dos custos associados à recolha de resíduos de plástico da construção e demolição e a divulgação de exemplos de gestão sustentável de RCD plásticos ao nível europeu. Para isso, e em primeiro lugar, foi analisado o contexto europeu de gestão de RCD, especialmente na Alemanha, Áustria, Dinamarca e Holanda de modo a identificar esquemas inovadores de triagem e reciclagem para os resíduos de diferentes tipos de produtos plásticos. Posteriormente foram estabelecidos projectos-piloto pelas autoridades locais e regionais, entre as quais a Lipor (Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto), seguindo-se a avaliação dos resultados obtidos. Por fim, foram estabelecidas conclusões e recomendações dirigidas às autoridades locais e regionais e ao sector da construção e demolição, donde resultou um guia cujos objectivos são a disponibilização de informação sobre aspectos técnicos, ambientais e económicos da gestão de RCD plásticos. [18]

Existe ainda outro projecto de relevo relacionado com a gestão de RCD, este desenvolvido pela Câmara Municipal de Montemor-o-Novo, em parceria com a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo, o Instituto Superior Técnico, o Instituto de Resíduos e a RTS – Pré-fabricados de betão. O projecto foi co-financiado pelo Programa LIFE da Comissão Europeia e designa-se REAGIR – Reciclagem de Entulho no

Âmbito da Gestão Integrada de Resíduos. Este projecto foi criado com o fim de implementar soluções de reciclagem e valorização de RCD ao nível local, e para combater o abandono de entulho em depósitos ilegais que existiam no Concelho, à semelhança do que acontece no resto do país. [27]

Ao nível académico, evidenciam-se os trabalhos desenvolvidos pelo Prof. Victor Ferreira da Universidade de Aveiro. Evidenciam-se ainda os trabalhos desenvolvidos, pelo Prof. Saíd Jalali e pelo Prof. José Barroso de Aguiar da Universidade do Minho orientados para a gestão de RCD, e os trabalhos desenvolvidos pelo Prof. Jorge Brito do Instituto Superior Técnico orientados para o estudo de técnicas que visem a redução da produção destes resíduos.

As intervenções da “Ceifa-Ambiente”, empresa particular de consultadoria, e do Instituto Nacional de Resíduos devem também ser referidas, pois têm contribuído para o estudo dos índices de produção de RCD em Portugal e para a definição de estratégias a adoptar para a sua minimização.

3. COMPONENTES E PATOLOGIAS DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS

3.1. Introdução

Antes de dar início a uma obra de Desconstrução dos sistemas prediais de águas importa saber quais os materiais que se podem encontrar, bem como saber quais são os materiais mais adequados para efectuar a substituição dos materiais antigos, quando estes últimos não têm condições para serem reutilizados. Deste modo, neste capítulo faz-se uma descrição dos vários componentes das redes prediais de águas possíveis de encontrar numa obra de Desconstrução das mesmas, assim como também se descrevem as suas principais patologias e respectivas origens.

O termo “patologias” usado neste capítulo entende-se não ser o mais adequado, uma vez que é tradicionalmente usado em medicina como “sintoma” e como tal não aplicável directamente neste domínio. No entanto, a generalização do seu uso, assim como a ausência de termos mais aceitáveis, ditou a sua utilização.

De referir que neste capítulo não se fará referência a loiças sanitárias, tal como na restante dissertação, uma vez que se considera que este tipo de componentes, faz parte integrante, tradicionalmente, das redes de drenagem de águas residuais. Porém na secção 4.3 (Reciclagem de Inertes) deste trabalho apresentar-se-ão algumas soluções para o encaminhamento deste tipo de materiais.

3.2. Materiais aplicáveis em Tubagens das Redes Prediais de Águas

3.2.1. Generalidades

O abastecimento de água constitui uma das componentes fundamentais do desenvolvimento da civilização humana. Embora a sua origem se perca nas memórias dos tempos, a engenharia sanitária possui marcos patrimoniais notáveis, como é o caso dos grandes sistemas comunitários, cujas primeiras referências se podem encontrar na civilização egípcia. [28]

As instalações prediais de águas têm sido, ao longo dos últimos anos, objecto de uma discreta mas contínua evolução, quer ao nível dos materiais, dispositivos e equipamentos quer ao nível da concepção e dimensionamento, tendo como objectivos, a redução de custos e o aumento dos níveis de conforto, em todos os seus aspectos. [29]

Na primeira metade do séc. XX, os materiais utilizados nas redes prediais de águas eram, em geral do tipo rígido, metálicos. Nos anos 50/60 o ferro galvanizado dominava as opções, em particular no que se refere aos pequenos diâmetros. A utilização do chumbo nas ligações era frequente, porém o conhecimento adquirido no que diz respeito aos malefícios deste material para a saúde pública, levou à erradicação do seu uso. [29]

A evolução industrial operada no pós-guerra, em particular no que se refere aos materiais plásticos, trouxe para o sector das instalações prediais, nas décadas de 60/70 a oferta de tubagens de polietileno (de baixa densidade, mais tarde de alta densidade) e de policloreto de vinilo (PVC). Estes materiais por serem mais fáceis de instalar, de menor custo e de baixa rugosidade tiveram uma rápida generalização em Portugal a partir dos anos 70. O Regulamento Geral das Edificações Urbanas (REGEU), publicado na segunda metade do século passado, já previa a possibilidade destas inovações, revelando porém alguma prudência, pois era obrigatória a homologação destas tubagens pelo Laboratório nacional de Engenharia Civil (LNEC). Factor este, que devido ao novo quadro Europeu, já não se justifica em relação aos produtos *standard*, considerando-se para estes casos, uma certificação por entidade competente. [29], [28]

A escolha dos materiais para as redes prediais de água fria e quente deve ter em conta não apenas factores de ordem económica e condições de aplicação como também o conhecimento da composição química da água distribuída e a sua temperatura, uma vez

que nem todos os materiais se comportam da mesma forma perante águas com diferentes composições químicas e temperaturas. [30]

No que diz respeito aos diâmetros nominais, deve frisar-se que, no caso das tubagens termoplásticas, eles correspondem em geral a diâmetros exteriores. Como a espessura da parede destas tubagens é relativamente elevada (quando comparada com a das tubagens metálicas), o diâmetro interior pode ser significativamente inferior ao diâmetro nominal. [28]

A figura 13 ilustra alguns tipos de elementos de suporte ou amarração (abraçadeiras) utilizados na instalação de tubagens, quando estas não se encontram embutidas.

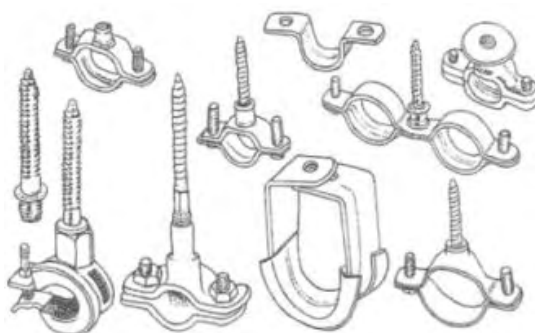


Figura 13. Exemplo de alguns tipos de abraçadeiras. [30]

3.2.2. Tubagens Metálicas

As tubagens metálicas tiveram grande utilização nos sistemas prediais de distribuição de água. Porém, o aparecimento de termoplásticos mais baratos e com melhores características veio alterar a sua posição no mercado que outrora fora dominante, sendo presentemente utilizadas apenas ocasionalmente.

As tubagens metálicas apresentam um conjunto de principais vantagens e desvantagens que importa aqui apresentar, como mostra a tabela seguinte.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidade dimensional; • Incombustibilidade às temperaturas usuais de incêndio em edificações; • Ligação à terra dos aparelhos eléctricos através do próprio tubo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Susceptibilidade à corrosão; • Dificuldade na montagem de tubos e conexões; • Acumulação de depósitos por corrosão, suspensões e precipitação química; • Contaminação da água através da solda de chumbo, da corrosão e outros resíduos; • Alta transmissão acústica ao longo dos tubos; • Maior perda de carga (em geral); • Maior custo.

Tabela 2. Algumas vantagens e desvantagens do uso de tubagens metálicas em redes de distribuição de águas. Adaptado de [31].

Estas tubagens podem encontrar-se instaladas à vista, embutidas, em caleiras, galerias ou tectos falsos. Nas situações de não-embutimento estão usualmente pintadas ou marcadas com cores que identificam a natureza da água transportada (fria - azul, quente - vermelho). Nestas situações, são também usualmente utilizados elementos de amarração (abraçadeiras, como mostra a figura 13), em quantidade que assegura a sua correcta fixação, de modo a possibilitar eventuais contracções ou dilatações. [30]

3.2.2.1. Chumbo

A utilização deste material em tubagens constitui para a saúde das populações expostas um risco que deriva do facto deste metal ser bioacumulável. Por esta razão, mesmo com teores de exposição baixos, o chumbo pode causar alterações no sistema hematopoiético (ex. leucemia), renal, neurológico e reprodutivo. A intoxicação crónica por chumbo pode provocar consequências sobre o desenvolvimento físico, intelectual e psicomotor das crianças, e dores abdominais, perturbações neurológicas, anemia e hipertensão arterial nos adultos. Daí que o seu uso não seja aconselhado, devido à possibilidade de se dissolver na água que circula nas tubagens. Porém, o encontro deste material continua a ser bastante frequente em edifícios antigos. A sua substituição integral é recomendada, mas pode-se optar apenas pelo revestimento interno das tubagens com uma película plástica de

modo a evitar a dissolução do chumbo na água, embora este tipo de solução levante algumas dúvidas sobre a sua eficácia. [32], [33], [34], [29]

Segundo a Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, relativa à qualidade da água para consumo humano, transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, é o Instituto Regulador de Águas e Resíduos quem tem a responsabilidade de contribuir para um melhor desempenho das entidades gestoras em termos de qualidade da água para consumo humano, nomeadamente o controlo do valor paramétrico do chumbo. [32]



Figura 14. Exemplo de tubos em chumbo. [35]

3.2.2.2. Aço Galvanizado

Os tubos de aço galvanizado encontram-se facilmente em muitos dos sistemas de distribuição de água dos edifícios do nosso país, devido ao seu uso ter sido generalizado entre os anos 50 e 60. [29]

A protecção destas tubagens, no sentido de lhes conferir uma maior capacidade de resistência à oxidação, é feita através da deposição dum revestimento de zinco fundido obtido por imersão (galvanização), porém as velocidades de escoamento da água quer muito baixas, quer muito elevadas, são prejudiciais à durabilidade deste revestimento interior. Como desvantagens ainda se pode referir que o contacto destas tubagens com outras de nobreza superior permite a ocorrência de fenómenos de corrosão nas zonas de ligação, assim como o contacto com argamassas que integrem cal ou areias com significativas quantidades de cloreto de sódio. No que se refere ao transporte de água quente, estas tubagens têm a característica de poderem transportar águas com temperaturas superiores a 60°C. [30], [36]

Estas tubagens são comercializadas habitualmente em varas de 6m, com diâmetros nominais que oscilam entre 8 e 150 mm, estando disponíveis no mercado em duas séries que diferem no que diz respeito à espessura da parede dos tubos. Na ligação entre os diversos troços de tubagem, são normalmente utilizados acessórios do mesmo material, uma vez que as ligações por soldadura conduzem normalmente à destruição do revestimento de zinco. [30]



Figura 15. Exemplo de tubos e acessórios em aço galvanizado. [37], [38]

3.2.2.3. Aço Inox

As tubagens de aço inox, tal como as tubagens de cobre, traduzem fundamentalmente uma grande durabilidade, na maioria das situações de uso. O aço inox possui maior resistência à tracção, o que possibilita uma redução da espessura dos tubos para as mesmas condições de pressão. Porém este material tem a desvantagem de não ser aconselhável para o transporte de águas com elevados teores de cloretos ($> 213 \text{ mg/l}$) e também não é aconselhado para o transporte de águas com temperaturas superiores a 50°C . [30]

Os tipos de aço inox mais aconselhados para a distribuição predial de águas são os ferríticos e austeníticos, os quais normalmente se caracterizam por possuírem teores de crómio superiores a 16% [30]. Actualmente o aço inox é o metal mais aplicado em redes prediais de distribuição de água. [39]

Estas tubagens são normalmente comercializadas em varas de 4 a 7 m, com diâmetros que oscilam geralmente entre 15 e 108 mm. Na ligação entre os diversos troços de tubos são normalmente utilizados acessórios de ligas de cobre ou de aço inox, no entanto também se poderá recorrer à soldadura, desde que esta seja isenta de cádmio e zinco. [28], [30]



Figura 16. Exemplo de tubos e acessórios em aço inox. [40]

3.2.2.4. Cobre

Os tubos de cobre são caracterizados por terem uma grande durabilidade em uso, apesar de terem um custo superior. Estes tubos possuem também outras características, como sejam uma boa plasticidade, excelente condutibilidade térmica, boa resistência química, reduzida tendência aos encrustamentos e uma grande facilidade de instalação em obra, que os tornam competitivos em termos de custo final. Este tipo de material tem no entanto a desvantagem de não poder ser constituinte a montante de uma rede de sistemas prediais de águas com tubagens em aço, uma vez que os iões de cobre que se dissolvem na água criam condições propícias à eclosão de fenómenos de corrosão nas tubagens metálicas a jusante. O uso deste material deve também ser evitado em água com $\text{pH} \leq 7$ ou com durezas muito baixas. No que se refere ao transporte de água quente, este material tem a vantagem de resistir a temperaturas superiores a 60°C . [30], [36]

Estas tubagens são habitualmente comercializadas em varas de 5 m ou em rolos de 25 ou 50 m, com diâmetros que geralmente oscilam entre 15 e 108 mm. Na ligação entre os diversos troços de tubos são normalmente utilizados acessórios de cobre, latão ou bronze, porém também se podem utilizar soldaduras à base de estanho e prata. [28]



Figura 17. Exemplo de tubos e acessórios em cobre. [40]

3.2.2.5. Aço (ferro preto)

Os tubos de aço (ferro preto) encontram-se fundamentalmente em situações de circuito fechado, do tipo dos sistemas de aquecimento central. Os problemas de corrosão destas tubagens assumem-se como pouco relevantes, sempre que o teor de oxigénio na água seja pouco relevante ($O_2 < 1 \text{ mg/l}$). [30]

Estas tubagens são normalmente comercializadas em varas de 6 m, com diâmetros nominais que oscilam entre 8 e 150 mm. Na ligação entre os diversos troços de tubagem são utilizados acessórios do mesmo material, no entanto para tubos de grandes diâmetros poder-se-á recorrer à soldadura. [30]

3.2.3. Tubagens Termoplásticas

A aplicação de tubagens de materiais plásticos no interior de edifícios surgiu em Portugal na década de 60, não parando de crescer desde então. As suas inúmeras vantagens tornaram estes materiais nos dias de hoje em líderes de mercado, porém apresentam algumas desvantagens que não podem ser desprezadas. As suas principais vantagens e desvantagens encontram-se representadas na tabela seguinte.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Material leve e de fácil manuseamento; • Alta resistência à corrosão; • Baixa condutividade térmica e eléctrica; • Reduzida acumulação de depósitos; • Boa resistência aos produtos químicos; • Baixa transmissão acústica ao longo dos tubos; • Flexibilidade; • Perdas de carga inferiores (em geral), devido ao reduzido coeficiente de atrito; • Menor custo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa rigidez; • Elevados coeficientes de transmissão térmica; • Elevado coeficiente de dilatação térmica; • Degradação por exposição aos raios ultra-violeta; • Baixa resistência mecânica; • Produção de gases tóxicos quando em combustão.

Tabela 3. Algumas vantagens e desvantagens do uso de tubagens termoplásticas em redes de distribuição de águas. Adaptado de [31], [41].

As tubagens de materiais termoplásticos podem ser instaladas à vista, embutidas, em caleiras, galerias ou tectos falsos, porém quando sujeitas à acção dos raios ultravioletas devem estar protegidas com um revestimento, para evitar a sua deterioração. [30]

O elevado coeficiente de dilatação térmica obriga a ter cuidados na montagem dos tubos, que se prendem com aspectos relativos a juntas de dilatação e à distribuição dos pontos de fixação à estrutura (número, espaçamento, etc.). Nas situações em que as tubagens não são embutidas usualmente são fixadas através de elementos de suporte e/ou amarração (abraçadeiras, como mostra a figura 13) em quantidade que garante a sua

correcta fixação, de modo a possibilitar eventuais contracções ou dilatações, porém o mais recomendável é o apoio contínuo por esteira metálica. [30], [41], [28]

3.2.3.1. Polietileno (PE)

Este material apresenta boas propriedades mecânicas, boa resistência ao choque, boa resistência aos entalhes superficiais, mas é sensível à fissuração sob tensão. Possui um excelente poder de isolamento eléctrico, porém possui uma resistência à temperatura limitada, é permeável a certos gases e vapores (oxigénio, dióxido de carbono, vapor de água) e a detecção de fugas nestas tubagens revela-se difícil. [42],[41]

No mercado existem dois tipos de tubos em polietileno que são usados em redes prediais de distribuição de água. No entanto, estes tubos só deverão ser utilizados em redes de distribuição de água fria, uma vez que estão dimensionados apenas para temperaturas à volta dos 20°C, em condições de funcionamento contínuo. Os dois tipos de tubos em polietileno comercializados são o de média densidade (PEMD) e o de alta densidade (PEAD), pois os tubos de baixa densidade não são actualmente usados em distribuição de água. [41], [43]

Este tipo de material encontra-se disponível no mercado em rolos, com diâmetros que variam dos 20 até aos 110 mm. Existem vários processos para a ligação entre os troços de tubagem, sendo estes os seguintes: soldadura topo a topo com ou sem material de adição, soldadura por electrofusão, soldadura com manga auxiliar e ligação com acessórios, os quais podem ser plásticos ou metálicos. [28], [30]



Figura 18. Exemplo de tubagens em polietileno e tipos de ligações. [42], [44]

3.2.3.2. Polietileno Reticulado (PEX)

O polietileno reticulado é conhecido através das siglas PEX ou PER. A matéria-prima constituinte destes tubos é obtida a partir de um polietileno de alta densidade que, por um processo físico ou químico, sofre reticulação resultante do aparecimento, entre as cadeias moleculares iniciais, de novas ligações químicas. As suas características são muito semelhantes às do polietileno de alta densidade. Porém, a modificação traduzida a nível estrutural pela reticulação vai ocasionar alterações de algumas propriedades do polímero inicial. Destaca-se nomeadamente o aumento da resistência à temperatura e o aumento da resistência mecânica a temperaturas superiores à temperatura ambiente. [42], [41], [43]

Os tubos de polietileno reticulado quimicamente situam-se entre os termoplásticos e os elastómeros. Estes podem ser instalados em redes de distribuição de água fria e quente, isto porque estão dimensionados para suportarem temporariamente temperaturas até 95°C. [41]

Estas tubagens encontram-se disponíveis no mercado sob a forma de rolos ou varas e com uma gama de diâmetros disponível entre os 10 e os 110 mm. As ligações entre os troços de tubagem são realizadas através de acessórios de compressão metálicos (a vedação é obtida por compressão da parede do tubo com os constituintes do acessório), normalmente ligas de cobre (latão) e têm formas diversas (tês, uniões, curvas, reduções, etc.). [30], [28]



Figura 19. Exemplo de tubagem em PEX e acessório. [42]

3.2.3.3. Policloreto de Vinilo (PVC)

Este tipo de material também é usualmente designado por policloreto de vinilo rígido (ou seja sem plastificante), podendo a sua sigla apresentar-se da forma PVC-U.

Os tubos de PVC-U apresentam boa resistência à abrasão, possuem boa estabilidade dimensional, têm técnicas de união de fácil execução e são auto extinguíveis. Porém são sensíveis aos entalhes e aos choques, em especial a baixas temperaturas. [42], [41]

Estes tubos são adequados apenas para redes de distribuição de água fria, uma vez que não estão dimensionados para suportarem temperaturas superiores a 20°C, em condições de funcionamento contínuo. [41]

Este material é normalmente comercializado na forma de varas com comprimentos que normalmente possuem 6 m e diâmetros que variam entre os 16 e os 125 mm. O PVC-U quando usado em redes de distribuição de água é geralmente dividido em 2 classes, mediante a sua tensão de segurança, classe 1 (6 MPa) e classe 1.6 (10 MPa), o que a nível físico se traduz por diferentes espessuras da parede do tubo. [41]

A correcta ligação entre os troços de tubagem é efectuada com recurso a acessórios do mesmo material, sendo obtida por enroscagem ou por colagem dos elementos. [28]



Figura 20. Exemplo de tubagem em PVC-U. [42]

3.2.3.4. Policloreto de Vinilo Clorado (PVCC)

Este material possui características muito semelhantes às do policloreto de vinilo rígido. No entanto, possui uma temperatura de transição vítrea superior e por consequência uma temperatura de amolecimento igualmente superior. Pelas razões enunciadas a tubagem de policloreto de vinilo clorado pode efectuar a condução de águas quentes, uma vez que a mesma é dimensionada para suportar temperaturas de 70°C, em condições de funcionamento contínuo. [42], [41]

As classes de pressão mais comuns são 2,0 MPa e 2,5 MPa. A classe 1,6 MPa pode usar-se, tal como as duas anteriores para distribuição de água quente e aquecimento, mas a classe 1,0 MPa e inferiores já só se utilizam para distribuição de água fria. [41]

Os tubos de PVCC são fabricados em varas tal como o seu congénere PVC-U, variando os seus diâmetros entre os 12 e os 160 mm. O processo de ligação entre tubos é geralmente por colagem com auxílio de acessórios também de PVCC, à semelhança do PVC-U. [41], [28]



Figura 21. Exemplo de tubagem em PVCC [42].

3.2.3.5. Polipropileno (PP)

Os tubos de polipropileno existentes no mercado são fabricados a partir do polipropileno homopolímero, obtido pela reacção de polimerização do propileno, ou do polipropileno copolímero, obtido pela reacção de polimerização do propileno com o etileno. Os polipropilenos copolímeros podem ainda ser em bloco (PP-B) ou em random (PP-R), função do modo como as cadeias do etileno se fixam na cadeia molecular. A copolimerização com o etileno melhora consideravelmente a resistência do polipropileno ao choque. [41]

Este material revela uma elevada dureza, é resistente à fissuração sob tensão, é um bom isolante eléctrico, porém é um material combustível e a sua rigidez impossibilita pequenas mudanças de direcção. [42], [41]

Os tubos de polipropileno podem ser utilizados em redes de distribuição de água fria e quente, uma vez que estão dimensionados para suportar temperaturas até 100°C em condições de funcionamento contínuo. [30]

Estas tubagens são geralmente comercializadas em varas com diâmetros que variam entre os 16 e os 90 mm. As ligações entre os troços de tubagem são realizadas de acordo com o tipo de polipropileno, através de acessórios de compressão metálicos (normalmente em ligas de cobre), sendo a vedação obtida através de anéis de vedação em borracha, ou

através de acessórios do mesmo material ligados com soldadura por polifusão (aquecimento simultâneo das duas partes ao ligar). [28], [30]



Figura 22. Exemplo de tubagem PP e alguns acessórios. [42], [44]

3.2.3.6. Polibutileno (PB)

O polibutileno é obtido a partir da polimerização do monómero butileno. Este termoplástico é muito leve, apresenta resistência elevada, é dúctil e tenaz, possui óptima resistência química, embora possa ser atacado por alguns ácidos fortes e algumas bases fortes. Como se trata de um polímero de aplicação recente, o seu preço é mais elevado. [43], [42]

Este tubo é flexível e acima de tudo é muito resistente às temperaturas elevadas (acima dos 100°C), sendo recomendado para tubagens de distribuição de água quente.

Este tipo de material está disponível no mercado em rolos ou em varas, sendo a ligação entre os diversos troços de tubagem feita normalmente por termo soldadura ou através de acessórios mecânicos. [42], [28], [45]



Figura 23. Exemplo de tubagem em PB e acessórios de ligação (à esquerda por termo soldadura, à direita através de acessórios mecânicos). [42], [44]

3.2.3.7. Multicamada

Os tubos multicamada são tubos de parede composta por três camadas de plástico e metal, sendo a disposição adoptada a seguinte: uma camada interior de plástico, uma intermédia de alumínio e uma exterior de material plástico igual ou diferente do que constitui a camada interior. A camada plástica interior tem de ser resistente à acção do fluido quente. Enquanto o alumínio confere rigidez ao tubo e funciona como barreira à entrada de oxigénio. A camada exterior tem fundamentalmente uma função de protecção do alumínio. As três camadas conferem resistência à pressão interior do fluido quente que circula no tubo. As camadas plásticas podem ser de polietileno reticulado, de polipropileno, de polietileno de média e de polietileno de alta densidade, sendo que estes dois últimos apenas poderão ser constituintes da camada exterior do tubo. [41], [43]

Estes tubos são fabricados de modo a garantir uma vida útil de 50 anos para pressões de operação até 10 bar e temperaturas de operação até 70° (a temperatura máxima durante o uso pode atingir os 95°C desde que tal ocorra em períodos interpolados, que somados não excedam um ano, no total de 50 anos de funcionamento do sistema).

Estes tubos encontram-se disponíveis no mercado normalmente com os diâmetros de 12, 16, 20, 26, 32, 40 e 50 mm. A ligação destes tubos entre troços é feita com o auxílio de acessórios metálicos, sendo estes geralmente fabricados em latão. A vedação é conseguida por compressão da parede do tubo entre as peças constituintes do acessório, utilizando-se anéis de borracha como auxiliares de vedação. [28], [43]

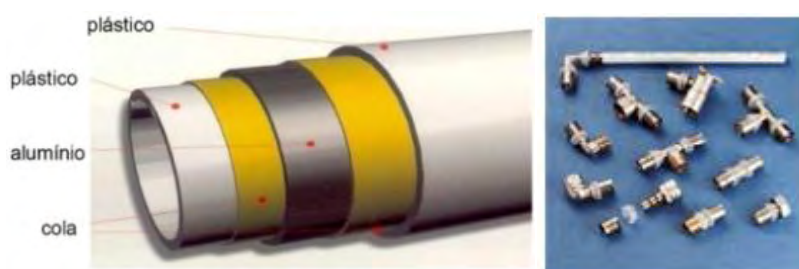


Figura 24. Representação esquemática de tubagem tipo multicamada e exemplo de alguns dos acessórios utilizados. [44]

3.3. Sistemas Isolantes de Tubagens

O isolamento térmico das tubagens assume especial importância quando se trata do transporte de água quente. Esta opção técnica é normalmente contemplada para reduzir o gradiente entre a temperatura da água à saída do dispositivo de aquecimento e a da sua chegada ao dispositivo de utilização. Assim obtêm-se sistemas de produção de água quente de menor custo de funcionamento, bem como uma maior satisfação das condições desejáveis de temperatura da água nos dispositivos de utilização. [30]

Outro factor a considerar é a possível influência na temperatura ambiente das compartimentações por onde passam as tubagens transportando água quente ou, no caso de tubagens à vista, o risco de agressão física dos utilizadores, através de eventuais queimaduras por contacto com os tubos. As canalizações e respectivos isolamentos devem encontrar-se protegidos sempre que exista o risco de condensação de vapor de água, de infiltrações ou de choques mecânicos. [30], [46]

Quaisquer que sejam os materiais escolhidos, devem possuir baixa condutividade térmica, ser facilmente adaptáveis, incombustíveis, não corrosivos e resistentes à humidade e aos microorganismos. [46]

A tabela seguinte ilustra a espessura que deve possuir o isolante em função do diâmetro dos tubos de distribuição de água quente. Porém, estas espessuras apenas são indicativas, pois o seu valor estará sempre dependente da condutibilidade térmica do material escolhido para o isolamento.

Diâmetro do tubo (mm)	Espessura do isolamento (mm)
15 a 32	20
40 a 60	30
75 a 100	40

Tabela 4. Espessura do isolamento térmico em função do diâmetro dos tubos. [47]

Devido à dilatação dos materiais com os quais são fabricados os tubos para condução de água quente, são normalmente tomados alguns cuidados, nomeadamente:

- A aderência da tubagem com a estrutura deve ser evitada;
- A tubagem deve poder expandir-se livremente;

- Em trechos longos e rectilíneos devem ser usadas liras, cavaletes ou juntas de dilatação especiais que permitam a dilatação das tubagens (figura 25)



Figura 25. Lira e cavalete para dilatação da tubagem de água quente. [47]

Existem vários distribuidores deste tipo de materiais no mercado porém destaca-se a marca Armaflex pela variedade de isolamentos que possui em função do tipo de utilização das tubagens. [48]



Figura 26. Exemplo de isolamento de tubagens da marca Armaflex. [49]

3.4. Dispositivos de Utilização

3.4.1. Generalidades

Os dispositivos de utilização têm por finalidade regular e/ou controlar o fornecimento de água. Estes dispositivos destinam-se a equipar os aparelhos sanitários e são normalmente fabricados com materiais que não apresentam risco para a saúde pública, quando em contacto com a água até temperaturas de 90°C. O material mais utilizado no fabrico de alguns destes dispositivos é o latão, sendo também utilizado o aço e mais recentemente os materiais termoplásticos. [30]

Apenas devem ser utilizados dispositivos de utilização que respeitem a normalização aplicável, tendo em vista a segurança dos utilizadores, a sua durabilidade, o nível de conforto proporcionado e a sua adequabilidade ao desempenho esperado. [30]

Seguidamente apresentam-se os dispositivos mais comuns nas redes prediais de águas. Porém, é de se frisar que, no mercado, para além dos que aqui são mencionados, existem outros com características específicas, de acordo com o fim a que se destinam.

3.4.2. Torneiras

3.4.2.1. Torneiras Simples

Estes dispositivos encontram-se fundamentalmente em lavatórios, bidés, banheiras, tanques de lavagem e lava-louças, no abastecimento a máquinas de lavar, etc.

As torneiras simples podem ser de dois tipos: de montagem em superfícies verticais (torneiras de parede), ou em superfícies horizontais (torneiras de coluna). [30]



Figura 27. Exemplos de torneira simples (à esquerda - torneira de parede, à direita - torneira de coluna). [50], [51]

3.4.2.2. Torneiras Misturadoras

Estes dispositivos podem encontrar-se em lavatórios, banheiras, bidés, lava-louças, etc. É no interior deste tipo de torneiras que se processa a mistura de água quente e fria.

As torneiras misturadoras podem ser de dois tipos de montagem: sobre superfícies verticais ou horizontais. Existem ainda torneiras misturadoras diferentes das mais tradicionais: de monocomando e de comando termoestático, em que apenas através de um único manípulo se controla a saída da água, sendo que nas termoestáticas é possível fixar também a sua temperatura de saída. [30]



Figura 28. Exemplos de torneiras misturadoras (à esquerda – torneira convencional, ao centro – torneira monocomando, à direita – torneira termoeestática). [52]

3.4.2.3. Torneiras de Seccionamento

Estas torneiras tem como função impedir ou estabelecer a passagem da água num determinado sentido de escoamento. Existem dois tipos destas torneiras: torneiras de passagem e torneiras de esquadria como mostra a figura 29. [30]



Figura 29. Exemplo de torneiras de seccionamento (à esquerda – torneira de passagem, à direita – torneira de seccionamento). [53], [54]

3.4.2.4. Torneiras de Bóia

Este dispositivo é normalmente encontrado em reservatórios e autoclismos, pois tem a função de regular ou impedir o fornecimento de água. [30]



Figura 30. Exemplo de torneira de bóia. [55]

3.4.3. Fluxômetros

Os fluxômetros são dispositivos de fecho automático cujo débito controlado é interrompido automaticamente. Estes encontram-se normalmente em bacias de retrete, urinóis e pias de despejos. [30]



Figura 31. Exemplo de Fluxómetro. [56]

3.4.4. Autoclismos

Os autoclismos são dispositivos com reservatório cujo débito controlado é interrompido automaticamente. Os materiais cerâmicos, assim como os termoplásticos são os materiais mais usuais neste tipo de elementos, porém em edifícios antigos ainda se encontram alguns autoclismos metálicos.

Estes encontram-se normalmente em bacias de retrete, pias de despejos e pias turcas. [30]



Figura 32. Exemplo de autoclismo. [57]

3.4.5. Válvulas

As válvulas são órgãos que se encontram nas redes de distribuição de água, assumindo as seguintes designações, tendo em conta o objectivo a que se destinam: [30], [28], [31]

- Válvulas de seccionamento: impedir ou estabelecer a passagem de água num determinado sentido do escoamento (encontram-se usualmente à entrada dos ramais de introdução individuais, dos ramais de distribuição das instalações sanitárias e das cozinhas, a montante dos autoclismos, de fluxómetros, de equipamentos de lavagem, de equipamentos produtores de água quente e de purgadores, e imediatamente a montante e a jusante de contadores);
- Válvulas de segurança: impedir que o escoamento se processe com pressão acima de determinado patamar, por efeito de descarga (encontram-se usualmente na alimentação de aparelhos de produção-acumulação de água quente);
- Válvulas de regulação: controlar o escoamento do caudal passado;
- Válvulas de retenção: impedir o escoamento num determinado sentido (encontram-se normalmente a montante dos aparelhos de produção por acumulação de água quente);
- Válvulas redutoras de pressão: impedir que o escoamento se processe com pressão acima de determinado patamar, por efeito de introdução de uma perda de carga (encontram-se normalmente nos ramais de introdução, sempre que a pressão exceda 600KPa).

3.5. Instalações Complementares

3.5.1. Instalações Elevatórias e Sobrepressoras

Quando as condições de pressão e de caudal na rede pública de distribuição não asseguram um correcto desempenho funcional dos dispositivos de utilização instalados nas edificações, recorre-se à utilização de meios que possibilitem a obtenção dessas mesmas

condições. A correcção deste tipo de deficiências na distribuição predial de água é realizada através do uso de instalações elevatórias e sobrepressoras. [30]

Por outro lado, a construção de edifícios cada vez mais altos e a obrigação de os equipar com sistemas individuais de combate a incêndios implica que, maioritariamente, estes edifícios tenham de possuir instalações elevatórias e sobrepressoras para a distribuição predial de águas. [28]

Os sistemas de pressurização mais utilizados para proporcionar aos utilizadores das instalações prediais de distribuição de águas as condições desejáveis de desempenho funcional dos equipamentos instalados são fundamentalmente os seguintes: [30]

- Elevação por bombagem da água transportada pela rede pública de distribuição, para reservatório colocado no topo do edifício. Posteriormente, a distribuição da água para os dispositivos de utilização faz-se, por gravidade, a partir do reservatório superior. Esta situação verifica-se quando a rede pública não possui sequer condições para o abastecimento do reservatório de acumulação. Neste caso recorre-se à elevação da água por meio mecânico, que faz com que a água atinja o nível altimétrico desejado;
- Sobrepressão por bombagem directa da água transportada pela rede pública de distribuição, ou elevação da água armazenada em reservatório de acumulação situado na base do edifício, para os vários dispositivos de utilização instalados na rede predial. Esta solução tem a finalidade de elevar a pressão assegurada pela rede pública, de modo a assegurar condições de pressão desejáveis nos diferentes dispositivos de utilização;
- Sobrepressão por bombagem da água proveniente da rede pública de distribuição, ou elevação da água de reservatório de acumulação, para depósito metálico, onde o líquido comprime uma camada de ar previamente introduzida (sistema hidropneumático). Nesta situação a distribuição faz-se posteriormente a partir de depósito para os dispositivos de utilização instalados, nas condições de pressão previamente definidas.

A adopção de um destes sistemas para a distribuição predial de água, bem como as suas características, é feita sempre função das condições de pressão, caudal e conservação

disponibilizadas pela rede pública de distribuição de água e ainda das características e necessidades físicas da rede predial a servir. [30]

3.5.1.1. Tipos de Bombas

Na tabela seguinte representam-se alguns dos tipos de bombas mais usadas na distribuição predial de águas quando as condições de pressão e de caudal na rede pública de distribuição não asseguram um correcto desempenho dos dispositivos de utilização instalados nas edificações.

Tipo de Bomba	Aplicações
Monocelular Horizontal	Abastecimento de água, circulação e transferência de água, serviços industriais, pressurização, agricultura, etc.
Monocelular Vertical	Abastecimento de água, serviços industriais, irrigação e circulação de água em sistemas, pressurização, etc.
Multicelular Horizontal	Elevação, pressurização e circulação de água, agricultura, etc.
Multicelular Vertical	Abastecimento de água, circulação e pressurização, serviços industriais, irrigação, instalações especiais, transferência de líquidos, etc.
Submersível	Abastecimento de água, captação de águas subterrâneas, transferência de líquidos, rebaixamento de aquíferos, sistemas de rega, etc.
Jockey	Abastecimento de água em condições de pequeno débito e elevada pressão.

Tabela 5. Representação de alguns tipos de bombas. Adaptado de [30].

3.5.1.2. Reservatórios

Os reservatórios são elementos destinados ao armazenamento de água à pressão atmosférica, devendo os mesmos constituir uma reserva destinada a suprimir as deficiências da rede pública de distribuição. A acumulação de água destinada a consumo alimentar e sanitário em reservatórios é normalmente considerada quando a rede pública de

distribuição não oferece condições necessárias e suficientes ao uso dos dispositivos de utilização instalados na rede predial. [30]

O volume a disponibilizar nos reservatórios, será função do tipo de edifício em causa, bem como das características de consumo das populações a servir.

No que diz respeito aos materiais constituintes dos reservatórios, existe uma grande diversidade, desde o fibrocimento, aos metálicos e mais recentemente a fibra de vidro e os materiais termoplásticos, que têm vindo a ganhar maior expressão.

Na figura seguinte representa-se um esquema tipo de um reservatório predial de acumulação de água.



Figura 33. Esquema tipo de um reservatório do sistema predial. Adaptado de [30].

3.5.2. Instalações de Produção de Água Quente

3.5.2.1. Generalidades

As instalações de produção de água quente compreendem a produção, a distribuição e o fornecimento de água quente, tendo por objectivo satisfazer as necessidades dos utilizadores.

As instalações de produção de água quente são classificadas de acordo com o tipo de produção (individual ou central), pela forma de produção (instantânea ou acumulação), pelo tipo de energia consumida (fuel, gás, lenha, electricidade, energia solar, etc.) e pelo tipo de transferência de calor para a água que se pretende aquecer (directa – quando o aquecimento de água é feito pelo seu contacto com uma superfície directamente aquecida;

ou indirecta – quando a água é aquecida por condução térmica através de um fluido intermediário). [30]

A distribuição predial de água quente é feita através de uma rede de distribuição em tudo semelhante à rede de distribuição de água fria. No entanto por vezes utilizam-se circuitos de retorno da água entre os dispositivos de utilização e a unidade de produção, de modo a assegurar aos utilizadores, água quente instantaneamente e em permanência, evitando assim desperdícios. [30], [28]

3.5.2.2. Instalações de Produção Individuais

São usados quando a instalação se destina à produção de água quente para alimentação de uma só unidade (um fogo, etc.). [28]

Estes aparelhos podem dividir-se em quatro tipos:

- Esquentadores (aparelhos de produção instantânea a gás):

Estes aparelhos têm normalmente a sua aplicação restringida à alimentação de um número reduzido de dispositivos de utilização, e são normalmente utilizados em pequenos períodos diários. [28], [30]



Figura 34. Exemplo de esquentador a gás. [58]

- Termoacumuladores (aparelhos de acumulação):

Estes aparelhos permitem ao armazenamento da água aquecida, de forma a ser utilizada quando necessária. São constituídos por um reservatório isolado termicamente, e um sistema de controlo da temperatura da água armazenada. [30]

Os aparelhos de produção por acumulação, em função do tipo de energia consumida, podem ser de dois tipos: a gás ou eléctricos. Os termoacumuladores a gás possuem um queimador a gás, enquanto que nos eléctricos o aquecimento da água é feito através de

resistências eléctricas posicionadas no interior do reservatório, as quais são dotadas de protecção para evitar passagens de corrente para o sistema. [30]



Figura 35. Termoacumulador a gás (à esquerda) e eléctrico (à direita). [58]

- Caldeiras (produção instantânea ou com acumulação):

Estes aparelhos são concebidos de forma a permitirem a produção de água quente para fins sanitários e para aquecimento central. Possuem um desempenho funcional muito próximo dos esquentadores (quando de produção instantânea e no caso de ser caldeira mural a gás), mas distinguem-se por serem dotados de um circuito interno de circulação de água e regulação termostática da sua temperatura. Quando de produção com acumulação, estes aparelhos têm acoplado um reservatório de acumulação, que permite uma considerável redução da potência de utilização. [30]



Figura 36. Caldeira mural a gás (à esquerda), caldeira de chão a gás (ao centro) e caldeira de chão a gasóleo (à esquerda). [58]

- Produção por energia solar:

A energia solar, apesar da sua enorme quantidade, tem aproveitamento limitado devido a apresentar-se de forma disseminada (logo de difícil captação), apresenta

disponibilidade não contínua (céu limpo/céu nublado; dia/noite; verão/inverno). Devido a estes factores pode-se dizer que os sistemas de produção de água quente por energia solar, não permitem a satisfação total das necessidades dos utilizadores, pelo que são acoplados a uma outra unidade de produção alimentada com outro tipo de energia. [47], [30]

Estes sistemas são constituídos por colectores solares (superfícies de captação de energia solar – figura 37) que aquecem a água, estes por sua vez encontram-se ligados a um reservatório de acumulação, onde a água armazenada é aquecida devido à transferência de calor. A circulação da água entre os colectores solares e o reservatório é assegurada por uma bomba de circulação. Estes sistemas são ainda constituídos por uma válvula termoestática à saída do reservatório, a qual possibilita a redução do consumo de água quente armazenada, através da mistura de água fria quando a temperatura exceder o valor pré-estabelecido para a distribuição. [30]

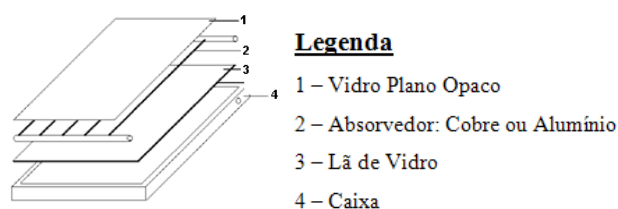


Figura 37. Esquema tipo de um coletor solar. Adaptado de [47].

Na figura 38 é feita uma representação esquemática de um sistema solar térmico.

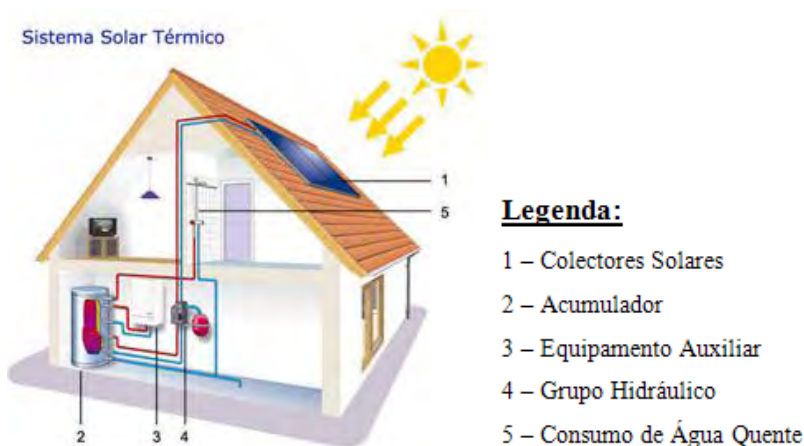


Figura 38. Esquema tipo de um sistema solar térmico instalado numa moradia. [59]

3.5.2.3. Instalações de Produção Central

São usadas quando a água aquecida se destina a alimentar as diferentes unidades de um edifício de habitação, os diferentes quartos de um hotel e restantes instalações, um hospital, uma escola, etc. [30]

Os sistemas mais habituais são em tudo semelhantes aos das instalações de produção individual (excepção feita ao esquentador). No entanto, destacam-se os seguintes: [30]

- Produção por bateria de termoacumuladores (conjunto de termoacumuladores);
- Produção com caldeiras (Quando de produção instantânea são constituídas por uma caldeira e um permutador de calor, a partir do qual é feito o aquecimento da água a distribuir. Quando de produção por acumulação estes sistemas são normalmente constituídos por uma caldeira e um reservatório de acumulação termicamente isolado, fazendo-se a permutação do calor através de permutador no exterior, ou através de serpentina colocada no interior do reservatório de acumulação, a partir do qual é feita a distribuição para os dispositivos de utilização);
- Produção por energia solar;

3.6. Patologias dos Sistemas Prediais de Águas

3.6.1. Generalidades

As instalações prediais de distribuição de águas, em conjunto com as instalações prediais de drenagem de águas residuais, constituem uma das principais origens de problemas em edifícios. Em boa verdade, embora não seja conhecida com rigor, a percentagem das deficiências e anomalias nos edifícios que deve ser atribuída a erros e defeitos na concepção e/ou na construção das instalações prediais de águas, existe a noção de que a distribuição de água e a drenagem de esgotos domésticos e pluviais estão na base de aproximadamente 90% dos problemas detectados nos edifícios. Porém, embora estas instalações estejam na base da maioria dos problemas detectados nos edifícios, as mesmas raramente ultrapassam o valor de 5% do custo total da obra, tornando-se evidente a

necessidade de prestar mais atenção a esta componente das edificações. Pois uma melhoria da qualidade de construção das instalações prediais pode representar uma redução significativa no número de problemas actualmente detectados, sem um acréscimo sensível do custo final do edificado. [60]

As patologias destes sistemas surgem com alguma frequência em edifícios antigos e traduzem-se, em regra, em problemas de desconforto (ruídos, por exemplo) e em durabilidades reduzidas (com consequentes problemas de roturas ou humidades), obrigando a intervenções em geral de custo significativo e elevada incomodidade. A contribuir para este facto está geralmente o envelhecimento natural destes sistemas, a eventual inadequação a novas exigências regulamentares e de conforto (quer dos materiais, quer dos equipamentos instalados) e a ausência de adequada manutenção no decorrer da vida útil do sistema. [61], [36]

A agravar a situação está o facto de as tubagens de distribuição de água existentes nos edifícios encontrarem-se na sua grande maioria embutidas (não visíveis), o que torna difícil avaliar com o rigor que seria desejável o seu estado de conservação, assim como identificar todas as anomalias existentes. [36]

3.6.2. A montante das Patologias nos Sistemas Prediais de Águas

3.6.2.1. Generalidades

A montante do aparecimento de patologias nos sistemas de distribuição de águas estão inúmeros factores que potenciarão manifestações patológicas a prazo. Seguidamente referem-se alguns dos mais importantes, como sendo:

- Deficiente responsabilidade da entidade gestora do sistema público;
- Deficiente concepção e dimensionamento dos sistemas prediais;
- Erros e defeitos na fase de construção.

3.6.2.2. Entidade Gestora do Sistema Público

A entidade responsável pela gestão e exploração do sistema público de distribuição de água tem por obrigação fornecer água de qualidade. Deve portanto ter todo o cuidado para a não utilização de materiais contaminantes que possam levar à degradação dos elementos das instalações, bem como a perigos para a saúde pública. É também da sua

responsabilidade fornecer dados fiáveis, e manter os dados informados ao longo do tempo para que o dimensionamento e a concepção estejam de acordo com a realidade que as instalações irão enfrentar. [62]

3.6.2.3. Concepção e Dimensionamento dos Sistemas Prediais

Disponibilizados os dados necessários pela entidade gestora do sistema público à concepção e dimensionamento de uma rede predial de distribuição de águas (pressão mínima, máxima e caudal) compete ao projectista o tratamento dos referidos dados para a realização do projecto. [61]

A correcta concepção e dimensionamento de uma instalação predial de distribuição de águas devem ser efectuado através da optimização do seu desempenho funcional com a sua durabilidade, daí que os principais objectivos de um projectista deverão ser a obtenção de um nível de desempenho satisfatório dos sistemas, a preservação da salubridade, o conforto e a segurança. [63]

O estabelecimento adequado do traçado da rede predial de distribuição de águas, a implantação e selecção de materiais e os equipamentos a instalar devem ter em atenção não apenas aspectos de natureza regulamentar e normativa, como também a interligação entre as várias instalações a instalar no edifício e ainda factores económicos. A existência de zonas no circuito que permitem a retenção da água vai permitir a acumulação das partículas que possam estar em suspensão, favorecendo assim a ocorrência de patologias. [63]

O subdimensionamento de tubagens, cujo diâmetro é demasiado baixo para os caudais necessários, ou a existência de mudanças bruscas de direcção ou de secção no circuito, originando fluxo turbulento, conduzem a velocidades de escoamento demasiado elevadas, que podem dar origem a patologias. [39]

Alguns dos estudos realizados atribuem ao projecto uma cota de cerca de 45%, das causas de situações patológicas em edifícios, daí que a preparação técnica do projectista deve ser devidamente analisada. A não adopção dos requisitos necessários irá traduzir-se necessariamente numa menor qualidade de desempenho do sistema, e provavelmente em encargos económicos adicionais devido a obras de reabilitação a incrementar a prazo. [63], [64]

3.6.2.4. Erros e Defeitos na fase de Construção

Na montagem e preparação das redes prediais de distribuição de águas, antes da sua entrada em serviço, existem várias fontes de erro que vão dar origem mais tarde a patologias. Seguidamente enumeram-se alguns erros cometidos na fase de construção: [39], [30]

Tubagens Metálicas

- Soldaduras imperfeitas e irregulares na zona de união, o que dá origem a fendas e interstícios que favorecem, a acumulação de partículas em suspensão e promovem a corrosão;
- Uso de fluxos de soldadura inadequados vai dar origem à formação de picadas;
- Utilização de acessórios de união de material mais nobre (ex: latão para ligar aço galvanizado) irá causar corrosão acelerada do tubo nas zonas de união;
- Operações de corte das tubagens devem ser sucedidas de remoção das rebarbas eventualmente formadas;
- Mudanças de direcção nas tubagens ao serem efectuadas com recurso a dobragens devem ser realizadas com raios de curvatura amplos, em função dos seus diâmetros, de forma a evitar a redução das suas secções interiores e a existência de tensões elevadas nessas zonas, as quais poderão dar lugar a reduções da sua resistência mecânica;

Tubagens Termoplásticas

- Devido ao elevado coeficiente de dilatação linear térmica destes materiais, devem usar-se elementos de fixação quando necessários, em quantidade que garanta a sua correcta fixação;
- A cravação de acessórios mecânicos usados nas uniões dos troços de tubagens deverá ser realizada com eficácia;
- Operações de corte das tubagens devem ser sucedidas de remoção das rebarbas eventualmente formadas;
- O uso de maçaricos de chama para proceder às respectivas ligações, ou dobragens deve ser erradicado;

- As tubagens expostas a raios ultravioletas devem ser protegidas por revestimentos.

A limpeza incompleta ou inexistente do interior das tubagens após as operações de montagem, vai contaminar a água, pelo que terminadas todas as operações de montagem, deve fazer-se circular água limpa (eventualmente aquecida) no interior das tubagens para que fiquem completamente limpas de resíduos das operações de montagem. [39]

Na preparação para a entrada em serviço realizam-se ensaios de estanquidade, após os quais a água geralmente permanece no interior das tubagens, por períodos por vezes bastante prolongados. Durante este período podem ocorrer patologias que estão associadas à utilização de águas não tratadas para a execução dos ensaios de estanquidade. Por este motivo nos ensaios de estanquidade deve ser usada água limpa, filtrada e de preferência potável. Se não for o caso, após a realização deste ensaio, deve-se fazer circular bastante água limpa nas tubagens. [39]

Durante o período de espera até entrada em serviço, as tubagens devem manter-se completamente cheias de água, devendo a mesma ser renovada regularmente, para a remoção de sólidos eventualmente depositados. Como alternativa, secar completamente as tubagens com ar comprimido, selando-as para impedir o ingresso de água ou de matérias estranhas. [39]

3.6.3. Anomalias nos Sistemas Prediais de Águas

3.6.3.1. Generalidades

Nos sistemas prediais de águas podem surgir de forma mais ou menos acelerada manifestações patológicas, pondo em causa o seu desempenho funcional. As anomalias que surgem com maior frequência são:

- Roturas nas tubagens;
- Deficientes níveis de pressão e caudal;
- Ruídos nas instalações;
- Deficiências no fornecimento de água quente;

3.6.3.2. Roturas nas Tubagens

Nas tubagens constituintes dos sistemas prediais de distribuição de águas as roturas e a sua consequente perda de estanqueidade são normalmente o resultado final mais frequente. Estas manifestações patológicas manifestam-se normalmente, no caso de tubagens embutidas, através de manchas nas paredes por onde correm, e no caso de tubagens instaladas à vista, através de exsudações e derrames para os pavimentos. [64], [63]

De acordo com o tipo de tubagens do sistema predial, podem-se dividir as roturas nas tubagens em dois tipos: roturas em tubagens metálicas e roturas em tubagens termoplásticas. [64], [36], [63]



Figura 39. Exemplo de patologias em tubagens embutidas. [62]



Figura 40. Exemplo de patologias em tubagens à vista. Ambas as imagens revelam corrosão por inadequação de acessórios. [62], [40]

Roturas em Tubagens Metálicas

Nestes materiais, a rotura e a consequente perda de estanqueidade das tubagens deve-se, na sua grande maioria a fenómenos de corrosão, e/ou uma inadequada ligação entre os diversos elementos das instalações. [64]

O desempenho dos componentes metálicos usados na construção e em particular nos sistemas prediais de águas é condicionado principalmente pela resistência à corrosão do metal que os constitui. Verifica-se portanto que a corrosão é a principal causa de

degradação destes materiais, conduzindo à ocorrência de falhas em serviço e, em alguns casos à deterioração do meio envolvente. [39]

As roturas nas tubagens metálicas estão associadas a diversos tipos de corrosão, em função do tipo de material que as constitui, da forma como está instalada a rede predial, das características químicas da água transportada e ainda da sua temperatura. Verificam-se também diversos tipos de corrosão devido ao contacto com diversos meios: atmosfera, água, argamassas, solo. Assim, os problemas de corrosão que podem ocorrer nos materiais metálicos são extremamente variados. [64], [39]

Os principais tipos de corrosão que afectam as tubagens e os respectivos acessórios destes metais resumem-se seguidamente: [39]

Corrosão uniforme – Corrosão uniformemente em toda a superfície exposta, resultando na diminuição gradual da espessura da secção.

Corrosão por picadas – Corrosão localizada em pequenos pontos da superfície do metal, escavando-a, eventualmente até à perfuração completa. Este tipo de corrosão pode derivar dos outros tipos de corrosão e está muito associada à presença de cloretos ou de microorganismos no meio.

Corrosão intersticial – Corrosão localizada que se desenvolve em interstícios onde se podem formar pequenos volumes de água estagnada (fendas, uniões de peças, sob depósitos de partículas), no interior dos quais se dá corrosão por arejamento diferencial.

Corrosão intergranular – Corrosão que se desenvolve nos limites dos grãos cristalinos, com uma progressão semelhante à formação de fissuras, tendo como consequência a desagregação da liga e a perda de propriedades mecânicas.

Corrosão bimetalica – Corrosão que se desenvolve quando se usam acessórios de união de material mais nobre (ex. latão para ligar aço galvanizado).

Deszincificação – Corrosão selectiva do zinco (em latões), que provoca a diminuição da resistência mecânica do metal.

Corrosão erosão – Corrosão localizada que se desenvolve em consequência da erosão de películas protectoras, provocada pelo movimento de um fluido (ex. erosão no revestimento de zinco das tubagens de aço galvanizado).

Corrosão sob tensão – Resulta da acção conjunta da corrosão e de tensões de tracção no metal. A corrosão inicia-se na superfície e propaga-se através da rede cristalina para o interior do metal na forma de fissuras.

Na tabela seguinte representam-se os tipos de corrosão e os danos mais comuns nas tubagens das redes prediais de distribuição de água.

Tipos de Corrosão	Aço galvanizado	Aço inox	Cobre	Latão	Consequências
Uniforme	X	-	X	X	- Perda de espessura; - Alterações das propriedades mecânicas; -Roturas; -Entupimentos.
Picadas	X	X	X	-	
Intersticial	X	X	X	X	
Bimetálica	X	-	-	-	
Erosão	-	-	X	X	
Deszincificação	-	-	-	X	
Metais dissolvidos	Zn, Pb, Fe, Cd	Fe, Cr, Ni	Cu	Zn, Cu	Alteração da qualidade da água: cor/sabor/composição

Tabela 6. Principais tipos de corrosão nas tubagens das redes prediais de águas. [39]



Figura 41. Exemplos de corrosão em tubagens metálicas (à esquerda: corrosão a partir do interior; ao centro: corrosão a partir do exterior; à direita: corrosão intersticial).

Adaptado de [62], [40].

Roturas em Tubagens Termoplásticas

A estas tubagens estão normalmente associados fenómenos de envelhecimento prematuro, de redução das suas características iniciais de resistência mecânica, e ainda perdas de estanquidade por inadequação do polímero que as constitui para funcionar a determinadas temperaturas. [36]

A exposição destas tubagens à acção dos raios ultravioletas, sem que estejam protegidas com um revestimento de protecção (ex. pintura) e, por outro lado o aquecimento dos tubos para obter a sua deformação usando maçaricos de chama, leva a que a estrutura molecular da maioria dos polímeros seja fragilizada, manifestando-se posteriormente patologias derivadas da perda de estanquidade das tubagens. [63]

O elevado coeficiente de dilatação térmica destas tubagens quando não é tido em conta através da implementação de medidas que possibilitem a livre variação linear das mesmas, poderá eventualmente ocasionar situações de rotura devido à introdução de tensões excessivas. [63]



Figura 42. Exemplo de rotura em tubagem multicamada, por excesso de pressão.
(Imagem obtida nos laboratórios da Geberit em Jona, Suíça).

3.6.3.3. Deficientes Níveis de Pressão e Caudal

As deficiências no abastecimento em termos de pressão e caudal, que por vezes surgem nos pisos mais altos das edificações, estão habitualmente associadas às seguintes razões: incorrecta concepção e/ou dimensionamento, ou ainda a alterações das condições iniciais do fornecimento por parte das entidades gestoras dos sistemas públicos de abastecimento. [63]

Deve também ser tido em conta que a deposição e acumulação de calcário no interior das tubagens, ao assumir proporções significativas conduzem muitas vezes a deficientes níveis de fornecimento devido à redução das secções de passagem, com redução no caudal e na pressão. [64]

3.6.3.4. Ruídos nas Instalações

As instalações prediais de distribuição de águas são frequentemente fonte de ruídos, que para além de provocarem desconforto nos utilizadores das edificações, também podem por em causa a sua durabilidade.

As principais causas dos ruídos neste tipo de instalações estão normalmente associadas: [64], [36]

- A excessiva velocidade de escoamento da água constitui vibrações que se propagam através das tubagens, daí que se limite o valor máximo de velocidade de escoamento ($0,5 \text{ m/s} \leq v \leq 2,0 \text{ m/s}$);
- A alimentação de dispositivos de utilização de fecho brusco (ex: fluxómetros), ou a paragem de um elemento de bombagem (se a tubagem horizontal de alimentação ou de descarga for de pequeno diâmetro), faz aumentar a velocidade de escoamento da água, podendo ocorrer fenómenos de choque hidráulico (golpe de aríete);
- A paragem do escoamento da água numa tubagem horizontal (de diâmetro reduzido) de alimentação ou de descarga em elementos de bombagem, faz aumentar a velocidade de escoamento da água e propicia a ocorrência de fenómenos de choque hidráulico, aquando do fecho dos dispositivos;
- As mudanças bruscas de diâmetro, bem como a existência de singularidades nas redes, são causadoras de turbulências no escoamento e de fenómenos de cavitação, o que origina ruídos;
- As tubagens sujeitas a fenómenos vibratórios, constituem-se como fonte de produção de ruídos;
- As tubagens sujeitas a significativas variações de temperatura, dão origem a variações lineares, as quais conduzem por vezes a reajustes no seu posicionamento, acompanhados da produção de ruídos;
- O arrastamento do ar no interior das canalizações provoca devido à sua compressibilidade perturbações no escoamento, dando origem a ruídos;
- As instalações elevatórias e sobressoras sempre que entram em funcionamento transmitem vibrações, com a consequente produção de ruídos;
- Os dispositivos de utilização por possuírem níveis de menor qualidade, ou por efeito do uso, evidenciam por vezes desgastes nos elementos de

obturação, o que provoca ruídos aquando das operações de abertura e fecho dos mesmos.

Na tabela seguinte representam-se os valores de ruído admissíveis em função do tipo de edifício.

Tipo de edifício	Valores máximos admissíveis em dBA	
	Dia	Noite
Administrativos e industriais	45	-
Comerciais	55	-
Escolares	45	-
Hospitalares	40	30
Recreio	50	-
Residenciais	40	30

Tabela 7. Valores máximos de ruído admissíveis em função do tipo de edifício. [62]

3.6.3.5. Deficiências na Produção e Distribuição de Água Quente

O deficiente desempenho dos sistemas de produção e distribuição de água quente, tem origem normalmente numa incorrecta concepção e dimensionamento dos mesmos. A resposta inadequada dos sistemas aos consumos previsíveis nas condições mais frequentes de utilização, por definição incorrecta das necessidades dos utilizadores (temperatura da água distribuída, caudais instantâneos e volume de água quente disponibilizado), está na raiz do problema. Estas deficiências são normalmente materializadas por acentuadas variações de caudal e temperatura nos pontos de consumo, o que origina desconforto aos utilizadores dos sistemas. [63]

Nos sistemas de produção colectiva, as deficiências mais comuns, para além das já descritas, são ainda o facto de os fogos mais próximos das instalações de produção possuírem normalmente água a temperatura maior do que os mais afastados, isto devido a um incorrecto equilíbrio em termos de perdas de carga entre os vários percursos existentes. [63]

3.7. Proposta para a Reabilitação das Instalações Prediais

3.7.1. Generalidades

Quando os sistemas de distribuição predial de águas revelam deficiências de funcionamento como se referiu anteriormente, que se traduzem na impossibilidade de garantir os níveis de desempenho funcionais previstos, dever-se-á proceder a intervenções de reabilitação da rede. [64]

As intervenções de reabilitação dos sistemas prediais de águas são realizadas, geralmente de acordo com os seguintes objectivos: [36]

- Fornecimento aos utilizadores de água de forma contínua (com quantidade, pressão e velocidade compatíveis com o perfeito funcionamento de todo o sistema), cuja qualidade não seja afectada pelos materiais ou equipamentos instalados na rede predial;
- Adequação a novas exigências regulamentares ou por razões de saúde pública. É exemplo, o caso das instalações prediais de distribuição de água constituídas por tubagens em chumbo, como se referiu anteriormente;
- Satisfação dos níveis de exigência em termos de conforto e de higiene por parte dos utilizadores, nomeadamente no que diz respeito à minimização dos níveis de ruído, assim como dos tempos de retenção da água nas tubagens;
- Instalação de equipamentos que tenham por objectivo a redução do consumo de água, de energia e de acções de manutenção.

O acesso facilitado aos sistemas de distribuição de águas (tubagens, acessórios, equipamentos) é um factor que para além da permitir a fácil identificação de anomalias, facilita também as operações de manutenção ou de reparação destes sistemas.

3.7.2. Intervenção em Redes Prediais

As intervenções de reabilitação das instalações prediais deverão seguir procedimentos previamente estipulados, de modo a obter um resultado final com a

qualidade adequada. Qualquer que seja a profundidade da intervenção a realizar, deve ser realizada uma análise prévia e pormenorizada do sistema preexistente e das previsíveis solicitações do sistema futuro. Deste modo, os procedimentos a adoptar serão os seguintes:

[36]

- Análise detalhada do projecto e/ou desenhos das instalações prediais de distribuição de águas, caso existam;
- Determinação dos valores relativos às pressões máxima e mínima, assim como o caudal no ponto de inserção da rede predial com a rede pública de distribuição de águas;
- Identificação dos tipos de tubagens instalados e o seu respectivo grau de conservação;
- Identificação do tipo de equipamentos instalados, bem como dispositivos de utilização e sua respectiva adequabilidade ao edifício em causa;
- Estudo das possibilidades em termos de compatibilização do existente com novos tipos de materiais e/ou equipamentos a instalar;
- Estudo das características dos elementos receptores face à possibilidade dos materiais e/ou equipamentos seleccionados serem instalados.

Existem três tipos de intervenções em redes prediais de distribuição de águas, em função da profundidade da intervenção e ainda do tipo de anomalias verificadas, são eles:

[36]

- Reparação;
- Modificação (ampliação);
- Substituição.

As reparações dos sistemas prediais de águas, devem-se fundamentalmente a pequenas falhas pontuais relacionadas com a perda de estanquidade da instalação, onde apenas são substituídos pequenos troços de tubagem.

A modificação das instalações prediais é normalmente o resultado da necessidade de ampliação das mesmas instalações. Enquanto que a substituição das instalações prediais revela-se necessária normalmente quando já não existe forma de alterar o fraco desempenho funcional do sistema predial de águas de forma global.

No caso de modificação ou de substituição do sistema predial de águas dever-se-á seguir os requisitos a ter em conta aquando da concepção e dimensionamento de instalações prediais de distribuição de águas novas. [36]

3.7.3. Soluções de Intervenção

3.7.3.1. Generalidades

Nesta secção faz-se uma descrição de possíveis soluções de intervenção em sistemas prediais de distribuição de águas, com vista à melhoria da sua qualidade. Deve-se referir no entanto que para além do que nesta secção se refere também se deve ter em conta o que se encontra na secção 3.6., uma vez que aí se apresentam muitas vezes alguns procedimentos para a melhoria da qualidade nestas instalações.

3.7.3.2. Níveis de Pressão

As condições de pressão asseguradas nos dispositivos de utilização, com especial incidência nos esquentadores e fluxómetros, deverão situar-se entre os 50 e os 600 KPa, sendo que para a obtenção de melhores níveis de conforto e de durabilidade dos materiais, recomenda-se que os níveis de pressão oscilem entre os 150 e os 300 KPa. [36]

3.7.3.3. Produção e Distribuição de Água Quente

As instalações de produção e distribuição de água quente devem ser concebidas e dimensionadas atendendo à concretização dos seguintes factores: [36]

- O nível de qualidade pretendido;
- O número e tipo de dispositivos a alimentar;
- A simultaneidade prevista para o número de dispositivos de utilização instalados.

O isolamento térmico das tubagens que fazem o transporte de água quente assume grande importância. Este elemento reduz o gradiente entre a temperatura da água à saída

do dispositivo de aquecimento e a chegada ao dispositivo de utilização, ou no seu regresso ao dispositivo de aquecimento, nos casos de existência de tubagens de retorno. [36]

De forma a atenuar os efeitos da acumulação de ar, em particular no que se refere aos circuitos de água quente, as redes devem ser instaladas com pendentes que facilitem a sua saída, através dos dispositivos de utilização. Quando nos seus pontos altos não for possível a saída da forma referida anteriormente, poderão instalar-se válvulas de purga ou ventosas nas colunas. [61], [36]

Nos sistemas que incorporem unidades para acumulação de água quente, é usual estabelecerem-se medidas de prevenção da *legionella*, nomeadamente o estabelecimento da temperatura mínima de 55°C, e a ausência de zonas de estagnação, de modo a evitar o seu crescimento óptimo. [65]

3.7.3.4. Ruídos e Vibrações

No sentido de evitar ou atenuar os ruídos e vibrações provocadas pelas instalações prediais de distribuição de águas, dever-se-á ter em conta as medidas seguidamente referidas: [36], [63], [64]

- A velocidade de circulação da água, bem como os níveis de pressão deverão oscilar nos limites fixados anteriormente, pois constituem fonte de vibrações e ruídos;
- Os fenómenos de cavitação com a consequente produção de ruídos poderão ser atenuados através da utilização de acessórios nas tubagens que evitem variações bruscas de diâmetro, assim como a escolha de percursos simples e a adopção de mudanças graduais de diâmetros;
- A instalação de câmaras de amortecimento nos extremos altos da instalação ou junto dos aparelhos/sistemas que possam dar origem aos efeitos do golpe de aríete deve ser ponderada quando se verifique a produção de ruídos;
- A transmissão de fenómenos vibratórios pode ser atenuada através do uso de isolantes com características elásticas entre as tubagens e os acessórios de fixação, ou entre os acessórios de fixação e o suporte, ou entre a tubagem e os elementos atravessados por estas;

- Os ruídos provocados pelas instalações elevatórias e/ou sobrepressoras poderão ser atenuados através da implantação destes elementos o mais longe possível das zonas habitadas, ou recorrendo ao uso de fixações elásticas na sua ligação com os elementos de suporte, ou ainda pela inserção de juntas elásticas nas ligações entre os elementos de bombagem e as tubagens.
- A instalação de dispositivos de utilização certificados ou homologados, reduz a probabilidade de serem fonte de produção de ruído, como em muitos casos ocorre.

3.7.4. Selecção de Materiais e Equipamentos

Na selecção dos materiais constituintes das redes de distribuição de água, não deverão ser considerados apenas factores de ordem económica, composição química, processos de fabrico e condições de aplicação, como também deve ser dada relevância às características químicas e temperatura da água transportada. [64]

O projectista deverá usar tubagens e respectivos acessórios portadores de marcação CE, ou na ausência desta, certificado de conformidade ou documento de homologação emitidos por entidades de competência reconhecida para o efeito, em Portugal respectivamente o IPQ (Instituto Português da Qualidade) e o LNEC. [30]

No que se refere aos equipamentos, a sua adequabilidade e capacidade para realizar as funções previstas, de modo a que não sejam causa de perturbações no sistema, que prejudiquem o seu desempenho em termos globais, são os aspectos fundamentais a ter em conta. [64]

4. GUIA PARA A DESCONSTRUÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS

4.1. Introdução

Este capítulo tem como objectivo desenvolver um conjunto de metodologias que permitam o correcto encaminhamento dos materiais, elementos e equipamentos provenientes das operações de Desconstrução dos sistemas prediais de águas. Poderão, no entanto, este tipo de medidas ser redireccionadas para outras especialidades que compõem a demolição ou reabilitação de um edifício.

O potencial de valorização dos materiais provenientes das actividades de construção e demolição é, como se referiu anteriormente, muito desprezado em Portugal. Daí que, neste capítulo, também se tenta identificar as melhores formas de valorização de alguns dos principais resíduos da Desconstrução dos sistemas prediais de águas.

4.2. Guia para a Desconstrução

4.2.1. Generalidades

A rentabilidade, resultante do correcto encaminhamento para os materiais/equipamentos desconstruídos, apenas é possível através de uma gestão organizada e devidamente apoiada em procedimentos pré-definidos e técnicas adequadas.

Uma gestão baseada na prevenção e redução da produção de resíduos para ser eficiente tem de em qualquer momento: [2]

- Proteger os recursos naturais (matérias-primas), evitando o desperdício;
- Não esgotar em pouco tempo as capacidades limitadas das infra-estruturas de tratamento/deposição de resíduos existentes;
- Proteger o ambiente, diminuindo a quantidade e o teor tóxico dos materiais a devolver à natureza depois da sua utilização.

A selecção de técnicas de Desconstrução que maximizem o potencial de reutilização ou reciclagem dos materiais e/ou elementos de um edifício depende de vários factores: [2]

- Quantidade de elementos e de materiais que podem ser recuperados;
- Potencial de separação dos materiais;
- Tempo em que tem de ser executados os trabalhos;
- Orçamento disponível;
- Equipamentos e ferramentas disponíveis;
- Exigências locais quanto à gestão dos RCD.

O método proposto para a gestão da Desconstrução dos sistemas prediais de águas consiste em seguir os seguintes procedimentos:

- Estudo prévio;
- Inventariação dos materiais presentes nos sistemas prediais de águas;
- Planos de gestão;
- Estimativa dos custos associados e viabilidade.

4.2.2. Estudo Prévio

De modo a implementar um sistema de recolha e de tratamento de resíduos é essencial obter informações sobre as condições no local da Desconstrução, pois a separação dos resíduos em diversas fracções, requer áreas livres para a logística dos contentores. Outro factor a ter em conta é a implantação do restante estaleiro, nomeadamente as infra-estruturas de acesso ao mesmo, uma vez que poderão ter que se adoptar algumas restrições no transporte de resíduos (ex: tamanho dos contentores, normas de segurança, etc.).

Neste primeiro procedimento, dever-se-ão obter informações gerais sobre o edifício, desde o seu tipo até à sua utilização, através da consulta de projectos de construção, cadernos de encargos e licenças de construção, pois este tipo de informação vai permitir determinar o tipo e composição dos materiais utilizados na construção das suas diversas especialidades. Posteriormente estes dados devem ser confirmados através do procedimento seguinte (inventariação).

É também durante esta fase que se devem iniciar o desenvolvimento de todos os planos de gestão associados ao processo de Desconstrução (Segurança, Organização do local e Gestão de Resíduos).

4.2.3. Inventariação dos Materiais presentes nos Sistemas Prediais de Águas

De modo a implementar actividades de gestão de resíduos, deve-se em primeiro lugar proceder à inventariação de todos os materiais/equipamentos que compõem as redes prediais de distribuição de águas do edifício em causa. Este registo deverá ser feito em documento apropriado para o efeito de modo a conseguir-se gerir correctamente todo o processo de Desconstrução, como mostram as figuras 43 e 44. Os modelos das folhas de inventariação de materiais e equipamentos encontram-se no Anexo V deste trabalho.

Folha de Inventariação para os Materiais				
Localização	Identificação do Material	Identificação pela LER	Quantidade Aproximada	Nº do Contentor a depositar

Figura 43. Exemplo de folha de inventariação de materiais

Folha de Inventariação para os Equipamentos				
Localização	Identificação do Equipamento	Registo Fotográfico	Descrição	Destino final (Reutilizar-RT; Reciclar-RC)

Figura 44. Exemplo de folha de inventariação de equipamentos

Na análise dos sistemas prediais do edifício, o responsável deve possuir:

- Planta do Edifício;
- Folhas de Inventariação;
- Elemento de Escrita;
- Fita Métrica;
- Martelo;
- Equipamentos de Segurança Individual.

Numa primeira fase será importante tentar enquadrar todos os materiais e elementos a ser desconstruídos em níveis de intervenção, uma vez que existirão materiais que embora não sejam constituintes dos sistemas prediais de águas, terão que ser removidos primeiramente, de modo a possibilitar todo o processo.

No que diz respeito aos equipamentos, estes devem ser alvo de uma avaliação cuidada, de modo a verificar as possíveis condições de funcionamento, para que possam ser reutilizados em vez de reciclados.

4.2.4. Planos de Gestão

De modo a garantir o sucesso da técnica de Desconstrução, dever-se-ão adoptar planos para gerir as suas principais vertentes. Os principais planos a adoptar são os seguintes:

- Plano de Segurança;
- Plano de Organização do Local;
- Plano de Gestão dos Resíduos.

4.2.4.1. Plano de Segurança

Antes de proceder à realização dos trabalhos, dever-se-á garantir a segurança de todos os trabalhadores que irão intervir no processo. Para isso dever-se-á ter em conta o estipulado no Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro, que estabelece as prescrições de segurança e saúde mínimas a observar nos estaleiros da construção civil. Este diploma

estabelece ainda regras gerais de planeamento, organização e coordenação para promover a segurança, higiene e saúde no trabalho em estaleiros da construção. Para isso introduz a obrigatoriedade da coordenação de segurança e saúde, nomeadamente através da realização do Plano de Segurança e Saúde (PSS) ou das Fichas de Procedimentos de Segurança (FPS), dependendo das características da obra em causa.

A Desconstrução é caracterizada pela remoção cuidadosa dos materiais e dos elementos construtivos, diferenciando-se da demolição tradicional em vários aspectos, entre eles o uso predominante de mão-de-obra. Daí que dever-se-á ter em conta na definição de procedimentos de segurança os seguintes factores:

- O corte do abastecimento de água;
- O corte de electricidade;
- O possível contacto com materiais perigosos;
- O trabalho em altura;
- A simultaneidade de tarefas;
- A capacidade resistente da estrutura do edifício.

Para garantia da segurança de todos os utilizadores, deverão ser adoptadas medidas de advertência para os perigos existentes, nomeadamente através da colocação de sinalização gráfica no estaleiro. A sinalização gráfica no estaleiro deverá identificar:

- Obrigação de uso de Equipamentos de Protecção Individual (E.P.I.'s);
- Sinalização da localização dos meios de combate a incêndios;
- Indicação de posto de primeiros socorros;
- Sinalização para evacuação de pessoas em caso de emergência;
- Proibição a entrada de pessoas não autorizadas;
- Advertência para entrada e saída de viaturas;
- Velocidade limite em estaleiro.

Os sinais deverão ser colocados, sempre que possível, à altura da visão. Sempre que se revele necessário deverá colocar-se sinalização complementar nas frentes de trabalho.



Figura 45. Exemplos de sinalização de segurança em estaleiros. [66]

4.2.4.2. Plano de Organização do Local

De modo a organizar todas as operações em obra, dever-se-á ter em conta aquando da elaboração do projecto de estaleiro, os seguintes aspectos:

- Identificação de corredores de circulação para os trabalhadores;
- Identificação de locais de entrada e saída do estaleiro;
- Identificação de contentores para recolha dos materiais resultantes da Desconstrução, por tipo de material e forma de valorização;
- Identificação de saídas de emergência e ainda de localização de dispositivos de combate a incêndios;

Dever-se-á ter em conta a implementação de sinalização gráfica específica, de modo a promover a correcta organização do local, bem como da separação dos resíduos. Seguidamente mostram-se algumas imagens deste âmbito.



Figura 46. Exemplo de sinalização para organização do local. [67]



Figura 47. Exemplo de organização dos locais de armazenamento dos resíduos. [3]

Durante a realização da obra deverá existir eficiente supervisão, a fim de garantir a eficácia de todo o processo. Em função das características da obra em causa, do número de fracções de resíduos a considerar na separação e dos processos de recolha selectiva, deverá ser ponderada a presença de um coordenador responsável pela recolha de resíduos.

4.2.4.3. Plano de Gestão dos Resíduos

A implementação da técnica de Desconstrução tem inerente, operações de separação e armazenamento de resíduos. Como tal dever-se-á definir em função das fichas de inventariação dos materiais e dos equipamentos presentes no edifício, um grau apropriado de separação de resíduos (número e tipo de diferentes fracções de resíduos) e a logística de contentores adequada à realidade da obra em causa.

O grau de separação dos resíduos em obra deverá ser determinado de acordo com os seguintes parâmetros básicos, para escolha dos armazenamentos:

- Espaço disponível vs espaço necessário, em função do tipo de contentores;
- Quantidade de resíduos por fracção;
- Disponibilidade local de operadores de resíduos;
- Período de produção de resíduos;
- Presença de resíduos contaminados;
- Métodos de tratamento (Destinos).

No que diz respeito a fluxos de resíduos compostos por vários tipos de materiais, como por exemplo tubos de aquecimento com isolamento, o seu desmantelamento em obra só deverá ser de interesse se o tempo de separação for curto, se os custos de recolha e tratamento se vejam reduzidos e se o potencial de reciclagem se veja aumentado.

Definidas as fracções de resíduos que se devem separar, e quais os diferentes destinos a dar aos resíduos separados, o passo seguinte é para cada fracção de resíduo determinar o tipo, o tamanho e o número de dispositivos de armazenamento de resíduos, a utilizar. Para se efectuar a escolha dos dispositivos de armazenamento de resíduos, deverá-se ter em atenção as distâncias às frentes de trabalho (locais de produção de resíduos) e os locais dos contentores. Reduzidas distâncias permitirão reduzir o tempo dispendido nas tarefas de separação e recolha de resíduos, e ainda aumentar o grau de aceitação de todo o processo pelos trabalhadores. Deverá ser também tida em consideração, que a facilidade de acesso dos camiões de recolha aos contentores, permitirá aumentar a eficiência de todo o processo.

Quando as necessidades de espaço forem superiores à área livre disponível, dever-se-á recorrer a contentores de menor capacidade, descentralizando a recolha de resíduos, ou reduzindo o grau de separação dos resíduos.

Seguidamente ilustram-se alguns exemplos de contentores com diferentes características para armazenamento de resíduos.



Figura 48. Exemplo de contentor de armazenamento aberto. [68]



Figura 49. Exemplo de contentor de armazenamento fechado. [69]



Figura 50. Exemplo de contentores plásticos de armazenamento fechados. [70], [71]



Figura 51. Exemplo de big bag para armazenamento de resíduos. [72]

Os contentores de armazenamento abertos, como o da figura 48 são mais adequados quando a fracção de resíduo a separar apresenta grande volume. Quando por outro lado os volumes das fracções a separar são reduzidos, os contentores mais adequados são os da figura 50. Os big bags (figura 51) deverão ser utilizados quando o espaço disponível no estaleiro é reduzido, enquanto que os contentores fechados, como o da figura 49, são os mais adequados para o armazenamento de materiais/equipamento que possam ser alvo de

furto ou de degradação por acções meteorológicas (ex: equipamentos que possam vir a ser reutilizados).

A remoção dos RCD deverá ser realizada por operadores devidamente licenciados, e o seu transporte deve ser acompanhado por uma guia apropriada para o efeito, onde se menciona o tipo de resíduo que transporta, a sua quantidade e o destino final. Os modelos das guias de transporte encontram-se, como se referiu anteriormente no Anexo II.

4.2.5. Estimativa dos Custos Associados

Depois da realização do processo de inventariação dos sistemas prediais de águas de todo o edifício e da conclusão dos planos de gestão associados à Desconstrução como se mencionou anteriormente, deve-se proceder à estimativa dos custos associados, e os proveitos decorrentes da valorização dos resíduos.

De forma a não calcular erradamente os custos totais da gestão de resíduos, todos os tipos de resíduos deverão ser multiplicados por um factor de segurança (cerca 1,1-1,5, dependendo das dificuldades da realização do processo de inventariação).

Os custos de aluguer e transporte de contentores desempenham um papel importante na escolha dos contentores a utilizar para o armazenamento de resíduos. Devido a este factor, deve-se pedir orçamentos, junto das empresas de recolha de resíduos que actuam na região da obra, a fim de se poder comparar as diferenças de preços para os diferentes tipos de contentores.

Por outro lado deverão ser tidos em conta os proveitos de um eficiente processo de gestão de resíduos, principalmente no que diz respeito à valorização dos materiais e reutilização dos equipamentos, não esquecendo os ganhos ambientais de todo este processo.

4.3. Valorização dos Resíduos da Desconstrução dos Sistemas Prediais de Águas

4.3.1. Generalidades

Terminado um processo de Desconstrução de sistemas prediais de distribuição de águas, o próximo passo consiste na valorização mais eficiente de todos os resíduos obtidos. Deste modo, para a valorização destes resíduos, deve ser seguida a hierarquia de gestão de resíduos referida no ponto 2.4.4. Porém, como se referiu no ponto 2.3.6 o destino mais adequado para os materiais resultantes da Desconstrução dos sistemas prediais de águas é geralmente a reciclagem. Neste sentido, tentar-se-ão definir nesta secção alguns procedimentos de reciclagem dos resíduos mais frequentemente provenientes deste tipo de actividades.

De forma crescente, as populações, as organizações e os governos, estão a reconhecer a importância de respeitar os recursos naturais, assim como a necessidade de dar um destino final adequado aos milhares de toneladas de resíduos que são produzidos por diversos sectores. É neste sentido que surge o conceito de reciclagem, devido à enorme quantidade de resíduos gerados por diversos sectores, entre os quais o da construção civil, e à necessidade de dar um destino ambientalmente adequado aos resíduos produzidos. [20]

Deste modo, a reciclagem dos RCD é uma forma de aproximar o sector da construção civil da sustentabilidade, pois, para além de reduzir os impactos negativos dos seus resíduos no ambiente, ainda se pode tornar numa fonte de receitas, ou pelo menos levar a uma redução das despesas associadas à deposição dos resíduos em aterro. [20]

A reciclagem, como forma de valorização de resíduos, apresenta vários benefícios, entre os quais: [20], [73]

- Redução do consumo de recursos naturais não renováveis;
- Redução de áreas necessárias para aterro;
- Redução do consumo de energia;
- Redução da poluição;
- Redução de custos.

No entanto, a reciclagem é uma actividade que pode produzir impactos no meio ambiente, nomeadamente: [20], [73]

- Os processos de transformação de resíduos em produtos utilizam por vezes outras matérias-primas, de modo a criar um produto capaz de integrar a cadeia produtiva. A quantidade de matérias-primas e energia necessárias a esta transformação, pode tornar o processo menos vantajoso quando comparado com a produção do produto utilizando matérias-primas originais (virgens);
- A reciclagem é uma actividade que também pode gerar resíduos, cujas quantidades e características (perigosidade, complexidade, etc.) são por vezes mais complexas que os resíduos que lhes deram origem;
- Devido à possibilidade de os resíduos incorporarem elementos perigosos para a saúde (ex: metais pesados, compostos orgânicos voláteis, etc.), o risco para a saúde dos utilizadores dos materiais reciclados, assim como dos trabalhadores envolvidos no processo deve ser criteriosamente avaliado.

Desta forma, a escolha da reciclagem como método de valorização de um determinado resíduo deve ser uma opção criteriosamente analisada e ponderada face às restantes alternativas de valorização de resíduos.

Nesta secção dar-se-á maior ênfase à reciclagem de materiais plásticos, uma vez que estes são os constituintes maioritários dos sistemas prediais de águas. No entanto também se apresentarão procedimentos de reciclagem para os materiais metálicos, materiais inertes, equipamentos eléctricos (nomeadamente bombas), produtos constituídos por mais do que um tipo de material e ainda se apresentarão soluções de destino final para o amianto.

4.3.2. Materiais Plásticos

4.3.2.1. Generalidades

O elevado desenvolvimento tecnológico, associado à crescente evolução no mundo da química orgânica, tem permitido um extraordinário nível de procura, descoberta e utilização de materiais plásticos. As suas notáveis propriedades, versatilidade de tipologia

e formas, possibilitam um vasto leque de aplicações, tornando-o num produto moderno, apetecível e cada vez mais importante. [41]

De acordo o gráfico da figura 11 da secção 2.4.3 deste trabalho, os plásticos constituem apenas cerca de 0,7% da quantidade total dos RCD no ano 1995 na Europa Ocidental, no entanto, prevê-se que esta fracção tenha aumentado, sendo ainda actualmente os constituintes maioritários dos sistemas prediais de águas.

De acordo com a *Plastics Europe*, o consumo de plásticos virgens na Europa Ocidental em 2002 foi de 37,5 milhões de toneladas, o que corresponde a 96,6 Kg/capita, e em 2003 aumentou para 38,1 milhões de toneladas, o que corresponde a 98,1 Kg/capita. [74]

De acordo com a Associação Portuguesa de Indústria de Plásticos (APIP), em 2002 foram consumidas em Portugal cerca de 801 mil toneladas de materiais plásticos, correspondentes a 77,4 Kg/capita. No entanto, é de esperar que este valor continue a aumentar à medida que o desenvolvimento nacional se for aproximando da média europeia. [74]

Os plásticos estão presentes em vários sectores da economia, sendo que o da embalagem, o da construção civil e o da indústria automóvel são os três maiores utilizadores deste material em toda a Europa, consumindo aproximadamente 3/4 da sua produção. Porém, existem outros grandes mercados, como sejam o da electrónica, mobiliário, recreio e mesmo o dos cuidados de saúde. [21]

No que diz respeito ao sector da construção civil, os plásticos abundam cada vez mais, quer seja nas instalações hidráulicas e eléctricas, como nos acabamentos (pavimentos, isolamentos, portas, janelas, etc.). Como se referiu anteriormente, no caso das instalações hidráulicas, este material, em comparação com os materiais metálicos oferece maior resistência à corrosão e elevada resistência à penetração de agentes químicos, sendo ainda mais leves e fáceis de instalar. [21]

Neste sector de actividade, à semelhança de outros, o plástico, embora tenha uso diminuto quando comparado com outros materiais, continuará a aumentar a sua velocidade de penetração, uma vez que alguns dos materiais convencionais utilizados vão sendo progressivamente substituídos por materiais poliméricos, daí que seja necessária a implementação de técnicas eficientes para a gestão deste fluxo de resíduos. [21], [41]

Seguidamente apresenta-se sob a forma de gráfico circular o consumo de plásticos por sector de actividade. [21]

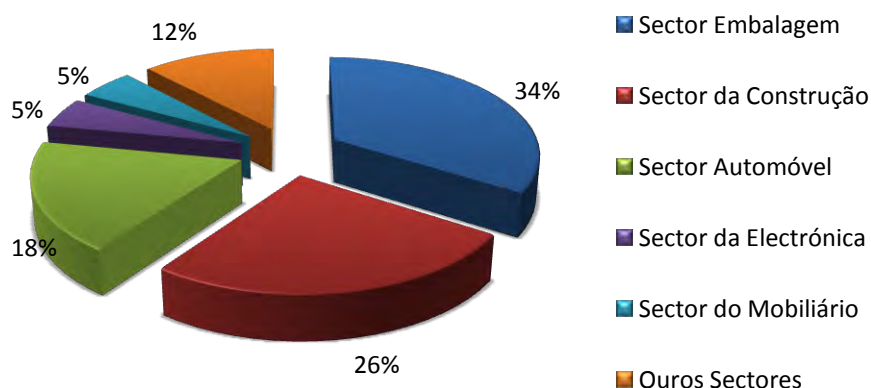


Figura 52. Distribuição típica do consumo de plástico por sector de actividade. [21]

Os plásticos são materiais formados pela união de grandes cadeias moleculares chamadas polímeros, que por sua vez, são formadas por moléculas menores chamadas monómeros. Os polímeros são feitos a partir da ligação química de monómeros (processo chamado de polimerização), que são hidrocarbonetos e, como tal, derivados do petróleo ou do gás natural. As diferentes combinações entre monómeros, em tamanho e estrutura, dão lugar a resinas com propriedades e características diferentes. [21]

Os polímeros, dependendo da forma como estão ligados química e estruturalmente, e em função do seu comportamento mecânico e térmico, podem ser classificados em termoplásticos, termoendurecíveis e elastómeros. Os mais usados nos sistemas prediais de águas são os termoplásticos, que são polímeros que quando aquecidos a temperaturas elevadas formam um fluxo viscoso, podendo ser moldados plasticamente, voltando ao estado sólido quando arrefecidos. Este tipo de plásticos pode ser reprocessado, no entanto existe um limite para tal, uma vez que o reprocessamento provoca degradação da sua estrutura, por esta razão, procede-se à reformulação da sua estrutura, aquando a operação de reciclagem, como se refere mais à frente. [42]

Porém, ambientalmente a melhor forma de obter monómeros não é a partir do petróleo. Embora o acréscimo de preço os torne menos ou nada competitivos, os monómeros podem ser obtidos a partir da madeira, álcool, carvão e até mesmo do CO₂.

Uma vez que todas estas matérias-primas são ricas em carbono, o átomo principal que constitui os materiais poliméricos. [41]

No passado, os monómeros eram obtidos de resíduos do refino do petróleo. Porém, actualmente, o consumo de polímeros é tão elevado que esses “resíduos” têm de ser produzidos intencionalmente nas refinarias, para dar conta do consumo. [41]

O facto de apenas cerca de 4% das reservas mundiais de petróleo serem utilizadas na produção de polímeros é utilizado como argumento de que não contribuem para a degradação do ambiente. Porém 4% das reservas de petróleo representa um recurso muito valioso. [74]

A separação dos plásticos e a sua consequente reciclagem irá aumentar a qualidade da fracção mais fácil de reciclar dos RCD, ou seja a fracção inerte, o que permitirá obter uma redução do volume de resíduos para aterros. Assim como, diminuir o consumo de petróleo (estima-se que por cada kg de plástico produzido, são necessários cerca de 2 kg de petróleo) e ainda o consumo primário de energia (estima-se que a produção de polímeros é responsável pela maior proporção de utilização de energia no fabrico de produtos de plástico, em função do seu volume). [18]

4.3.2.2. Reciclagem de Plásticos

Para fins de reciclagem, a correcta separação dos plásticos por tipo de material, seja por razões técnicas, por questões de saúde ou ainda por questões ambientais, é muito importante. Porém, normalmente os plásticos não são divididos em obra de acordo com os seus polímeros constituintes.

A presença de contaminantes como vidro, papel, metal ou outros polímeros, mesmo em pequenas quantidades pode alterar as propriedades do polímero a formar. Os esforços actuais vão no sentido de se obter um produto acabado, obtido de polímero reciclado que possua propriedades o mais próximas possíveis do polímero virgem, de modo a serem empregues no fabrico de materiais com aplicações mais nobres.

Assim, a identificação dos plásticos consiste na primeira operação a efectuar nas unidades de triagem. A forma como é feita a separação dos plásticos está dependente de vários factores como a forma de obtenção do resíduo, as exigências do mercado (qualidade do granulado reciclado), o custo da mão-de-obra, etc. [75]

Em Portugal, a identificação dos plásticos manual é realizada com base na simbologia criada pela *American Society of Plastics Industry* (SPI), e que consta no artigo 8º da Directiva n.º 94/62/CE do Conselho Europeu. Porém, em Portugal, não existe obrigação legal de marcação dos plásticos, sendo uma aplicação voluntária capaz de ajudar os consumidores e operadores de resíduos nas tarefas de triagem. [74], [76]

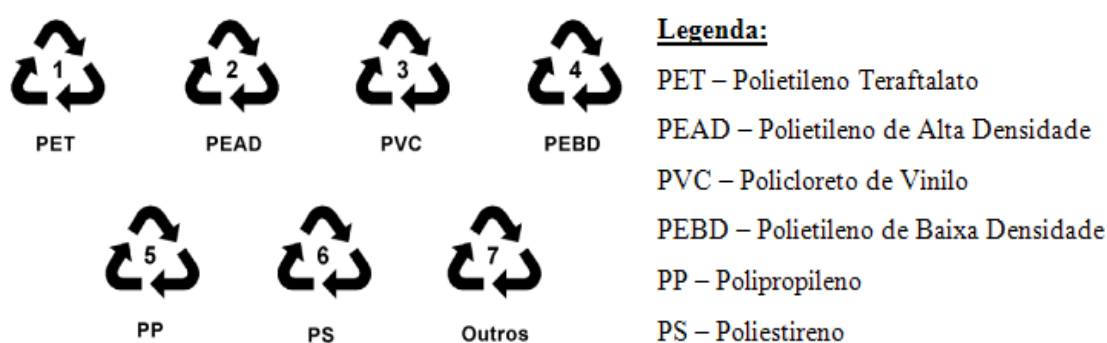


Figura 53. Simbologia utilizada para identificação de plásticos, de acordo com as recomendações da Directiva n.º 94/62/CE [74]

Porém existem outros métodos de separação de plásticos como seja a utilização de testes simples, como o de odor dos vapores da queima, aparência da chama, temperatura de fusão e solubilidade, os quais são baseados nas suas características físicas. A separação dos polímeros pode também ser realizada por diferença de densidades utilizando tanques com água e/ou soluções alcoólicas ou salinas, ou com recurso à espectroscopia. De referir que estes dois últimos métodos são os possíveis quando se pretende uma separação automatizada dos resíduos poliméricos. [75]

Seguidamente é apresentada uma tabela com as densidades dos principais tipos de plásticos, assim como um esquema de separação de polímeros por diferenças de densidades.

Tipos de Plásticos	Densidades (g/cm ³)
Polipropileno (PP)	0,900-0,910
Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)	0,910-0,930
Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	0,940-0,960
Poliestireno (PS)	1,040-1,080
Policloreto de Vinilo (PVC)	1,220-1,300
Polietileno Teraftalato (PET)	1,350-1,400

Tabela 8. Tipos de plásticos e suas densidades. Adaptado de [77], [78].

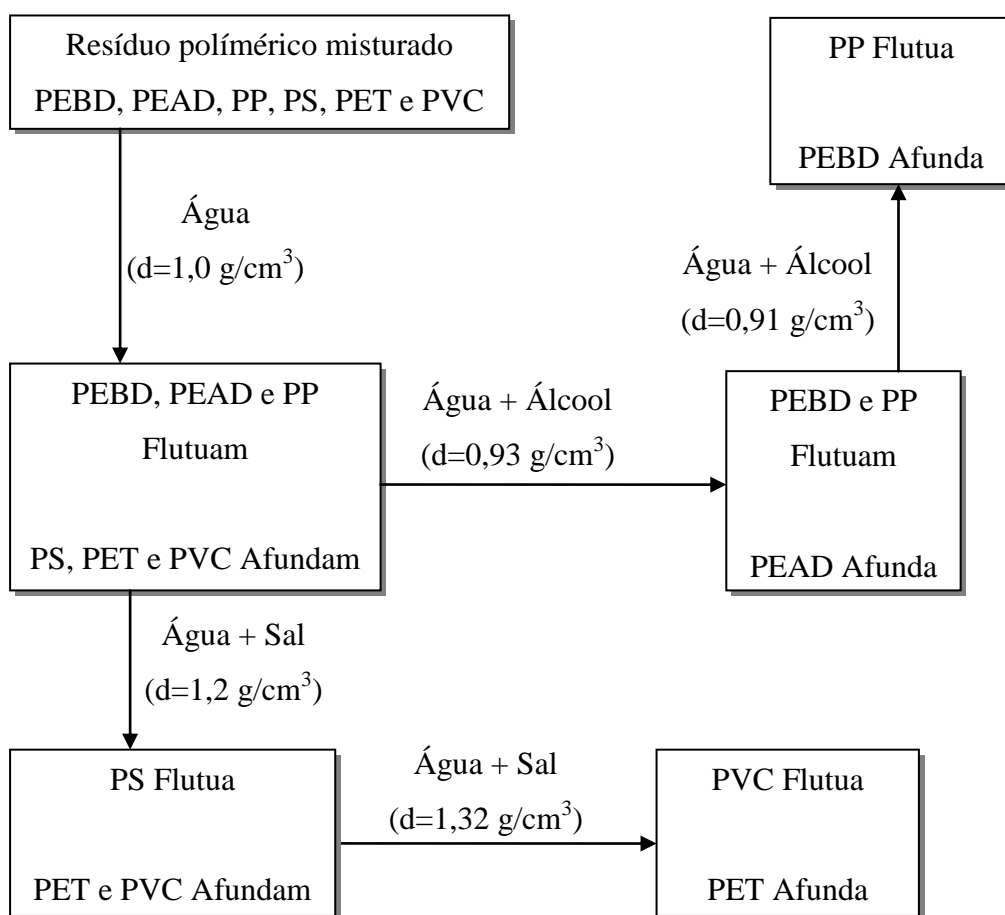


Figura 54. Esquema de separação de polímeros por diferença de densidades. Adaptado de [75].

Os métodos automáticos permitem separar os plásticos de forma eficiente. Porém, são mais dispendiosos, daí que a separação manual seja o método de separação mais usual. [74]

Realizado todo o processo de separação dos resíduos poliméricos, seguem-se os processos de reciclagem propriamente ditos, dos mesmos.

A reciclagem de polímeros pode ser classificada de duas formas distintas. A primeira foi criada por meio da Sociedade Americana de Ensaio de Materiais através da norma D5033 (ASTM, 1991), segundo a qual a reciclagem de polímeros pode ser classificada em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária. [74], [75], [79]

A segunda é a forma mais usada para a classificação da reciclagem dos polímeros, uma vez que existe uma relação clara com o processo de transformação utilizado. Segundo esta última, a reciclagem de polímeros divide-se em três categorias: mecânica, química e energética. [74], [75], [79]

- **Reciclagem Primária**

Consiste na conversão dos resíduos poliméricos, por processos produtivos, em bens de consumo com características de desempenho equivalentes às daqueles produtos fabricados a partir de resinas virgens. Estes resíduos são normalmente constituídos por artefactos defeituosos, aparas provenientes dos moldes ou dos sectores de corte, daí que este tipo de reciclagem também seja designado por reciclagem pré-consumo.

Neste caso a matéria-prima geralmente vem limpa e identificada, sendo a sua recuperação possível através da própria indústria geradora. Por exemplo a introdução de aparas no processamento. [74], [75], [79]

- **Reciclagem Secundária**

Consiste na conversão dos resíduos poliméricos provenientes dos fluxos de resíduos, por um processo ou por uma combinação de processos, em novos produtos. Os resíduos, alvo deste tipo de reciclagem, apresentam-se muitas vezes misturados com outros materiais. Desta forma torna-se necessário realizar a separação de todos os materiais constituintes da melhor forma, para assim se obter matéria-prima para a produção de novos produtos de boa qualidade. Devido à origem dos resíduos, este tipo de reciclagem também é normalmente designado por reciclagem pós-consumo. [74], [75], [79]

- **Reciclagem Terciária**

Consiste na conversão de resíduos plásticos em produtos químicos e combustíveis, através de processos tecnológicos que são designados por termoquímicos. Estes processos têm como base a despolimerização dos resíduos, ou seja, os resíduos plásticos sofrem uma decomposição química controlada gerando outros produtos. Através desses processos, os materiais plásticos são convertidos em matérias-primas que podem dar origem novamente a resinas virgens ou outras substâncias importantes para a indústria, como gases e óleos combustíveis. [74], [75], [79], [77]

- **Reciclagem Quaternária**

Consiste no uso dos resíduos plásticos, para a obtenção de energia através do processo de incineração controlada. [74], [75], [79]

A reciclagem primária e a secundária são também conhecidas como reciclagem mecânica ou física, sendo o que diferencia uma da outra, é que a primária utiliza polímero pós-industrial e a secundária, pós-consumo. A reciclagem terciária também é designada de química e a quaternária de energética. [75]

- **Reciclagem Mecânica**

Consiste no reaproveitamento de material de resíduos plásticos por meio de processos mecânicos em novos produtos. Este tipo de reciclagem é mais adequado para resíduos plásticos pouco contaminados, uma vez que o processamento de materiais misturados resulta na produção de um reciclado de baixa qualidade, o que limita o número de aplicações. A reciclagem mecânica é viabilizada através do reprocessamento dos polímeros, porém para esse fim são necessários alguns procedimentos: [18], [74], [75], [79]

1. Triagem;
2. Moagem;
3. Lavagem;
4. Secagem;
5. Reprocessamento.

Seguidamente ilustra-se um esquema tipo dos procedimentos envolvidos no processo de reciclagem mecânica dos resíduos plásticos.

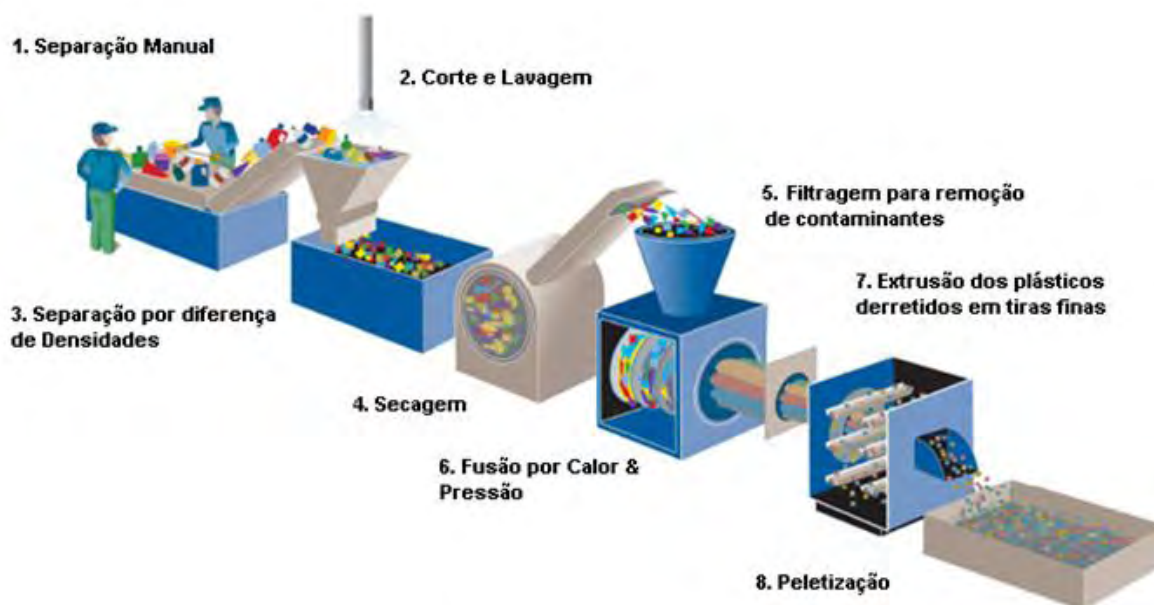


Figura 55. Esquema tipo das diferentes fases da reciclagem mecânica de plásticos.

Adaptado de [21], [18].

Triagem

Este procedimento consiste na separação dos resíduos plásticos em função dos polímeros constituintes. Como se referiu a presença de contaminantes afecta a qualidade final do reciclado. Assim, para a separação dos resíduos plásticos podem-se recorrer a processos manuais ou automatizados, como anteriormente foram descritos.

Moagem

Os resíduos após terem sido separados são triturados em moinhos de facas rotativas ou de martelos. Este procedimento permite que o material se adapte melhor ao equipamento de processamento. É fundamental que se garanta dimensões uniformes para o material moído, de modo a que a fusão ocorra uniformemente. Cuidado especial deverá ser dado à presença de pó na mistura, pois este revela-se inconveniente, uma vez que durante o processamento funde antes, não facilitando o escoamento do material nos equipamentos de processamento.

Lavagem

A lavagem é definida como sendo a descolagem e separação da sujidade aderente aos resíduos plásticos. Para atingir este objectivo procede-se à realização das seguintes três etapas:

1. Encharcamento/Amaciamento; – Consiste em longos banhos ou circulação intensiva em água.
2. Libertação da sujidade por circulação; – Consiste na intensiva circulação do material triturado e da solução de lavagem.
3. Separação da sujidade do plástico lavado; – Consiste na remoção da sujidade mineral através da sedimentação da água de lavagem.

Após a realização deste processo, as águas dele resultantes deverão ser tratadas e recirculadas de forma a reduzir os custos de operação, promovendo assim o uso eficiente dos recursos.

Secagem

A secagem é realizada com o objectivo de diminuir o teor de humidade do material plástico lavado. Os materiais plásticos podem ser lavados através de processos mecânicos ou através de processos térmicos. Através dos processos mecânicos a humidade é removida pela força da gravidade, enquanto que nos processos térmicos são usados três mecanismos para remover a humidade: condução térmica, convecção e radiação.

Reprocessamento

Após a realização da secagem do material plástico, é realizada uma filtragem para remoção de contaminantes, sendo posteriormente os polímeros fundidos através de calor e pressão. Seguidamente é realizada a extrusão dos plásticos obtidos em tiras finas, semelhante a “esparguete”, de forma a serem transformados em matéria-prima para o fabrico de novos produtos, na forma de “pellets”. A preocupação fundamental deverá residir na qualidade da triagem, de modo a obterem-se matérias-primas de elevada qualidade, pois o valor das matérias-primas recicladas será tanto maior quanto maior for a qualidade da triagem. Por outro lado, é preciso ter em conta que uma triagem eficiente

acrescenta mais custos ao plástico, pelo que o nível de triagem deverá ser ponderado de forma eficiente. [21]



Figura 56. Exemplo de “pellets” de plástico. [76]

Transformação em novos Produtos

Após a transformação do material plástico em “pellets”, os polímeros são formulados, ou seja, são colocados aditivos como antioxidantes, plastificantes, cargas de reforço, agentes de acoplamento, etc., dependendo da aplicação final em causa. A quantidade e o tipo de antioxidantes e plastificantes adicionados no material plástico reciclado são normalmente os mesmos que os utilizados para o fabrico de polímeros virgens.

A adição de cargas de reforço é um processo que permite melhorar as propriedades dos polímeros reciclados, tornando-os assim mais competitivos aquando comparados com os polímeros virgens. Neste sentido, de forma a melhorar a adesão entre a matriz polimérica e a carga de reforço, deverá ser utilizado um chamado agente de acoplamento, o qual consiste numa molécula bifuncional que se liga quimicamente à superfície das duas faces.

A formulação dos polímeros provenientes da reciclagem de resíduos plásticos também é possível através da adição de pequenas quantidades de material virgem (poliolefinas, poliésteres, poliamidas, etc.).

Após a formulação do polímero, o mesmo pode ser processado de modo a obter-se um novo produto. Uma das características mais importantes dos termoplásticos é a facilidade com que estes podem ser processados. As etapas de processamento, de aquecimento, de moldagem e arrefecimento podem ser contínuas, como no caso da produção de tubos por extrusão, ou não como no caso da produção de componentes

sanitários (autoclismos) por injeção. Na maior parte dos casos a escolha do método de processamento baseia-se na forma do componente a produzir e também na natureza do plástico a produzir (termoplástico, termoendurecível ou elastómero).

Os principais métodos de processamento de produtos termoplásticos são a extrusão e a injeção, no entanto existem ainda outros processos de processamento de termoplásticos, como sendo a calandragem, a termomoldagem e a moldagem por sopro. [41]

Seguidamente definem-se os principais métodos de processamento de produtos termoplásticos.

Extrusão – Consiste na colocação da matéria-prima numa tremonha, que a conduz a um parafuso de extrusão, onde é sujeita a temperatura elevada. Seguidamente a matéria fundida e comprimida passa por uma cabeça extrusora onde lhe é dada a forma desejada. Através deste processo podem produzir-se tubos, perfis, chapas, filmes, etc. e todos os termoplásticos podem ser trabalhados com maior ou menor dificuldade. [41]

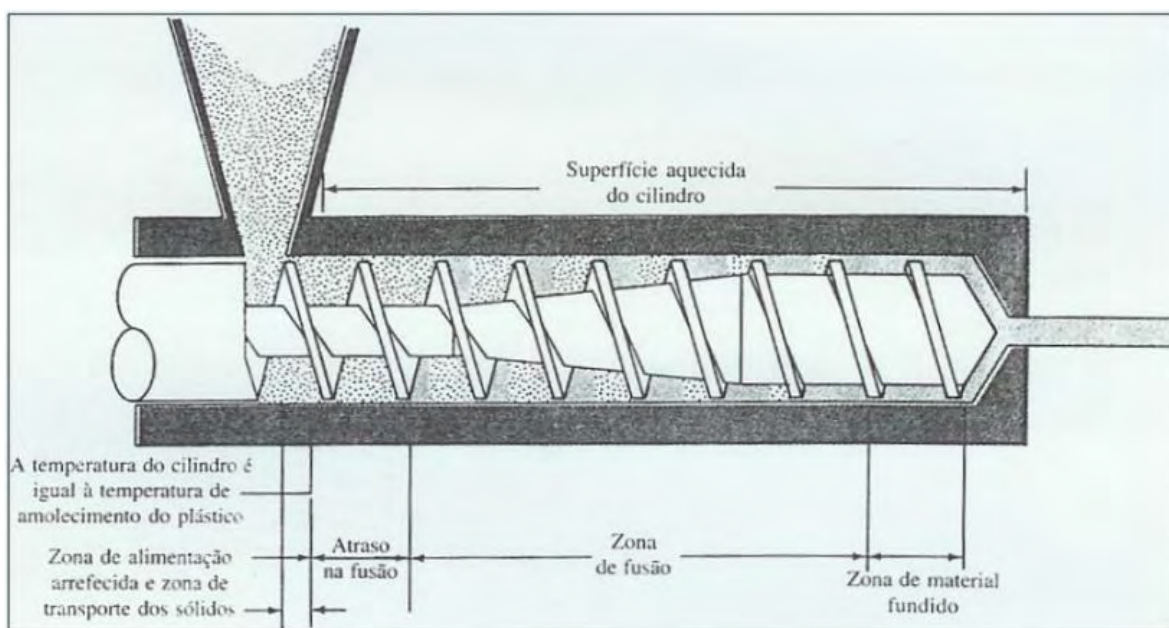


Figura 57. Esquema de uma máquina extrusora. [41]

Injeção – O processamento por injeção consiste em fundir a matéria-prima para que possa ser injectada num molde com a geometria da peça desenhada, onde permanece

até se atingir um arrefecimento que permita a sua desmoldagem. Quando isso acontece o molde abre-se e a peça é expelida, reiniciando-se então o processo para criação de uma nova peça. Ao contrário da extrusão, a injeção é um processo descontínuo. [41]

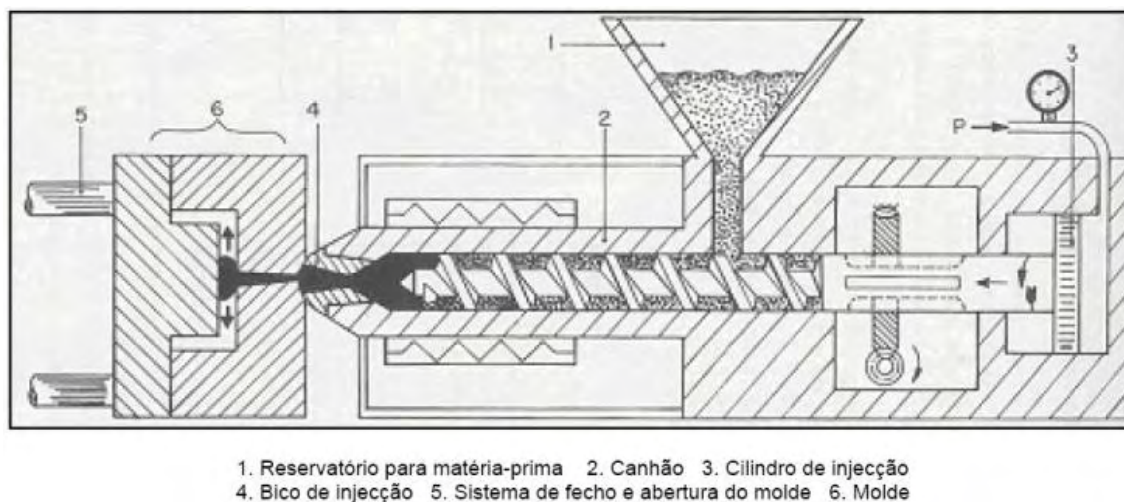


Figura 58. Esquema de uma máquina injectora

Embora cada vez mais se produzam produtos com recurso a plástico inteiramente reciclado, a utilização de matéria-prima reciclada é geralmente limitada a uma percentagem que varia com o produto em causa, sendo portanto normalmente complementada com alguma matéria-prima virgem. As razões para isto prendem-se com a necessidade de assegurar determinadas propriedades estruturais, níveis de qualidade, segurança, higiene e até mesmo de estética do produto, factores estes que a matéria-prima reciclada por vezes não consegue garantir devido ao desconhecimento da sua origem. Na tabela seguinte ilustram-se alguns exemplos de reciclagem de plásticos.

Plástico	Objectos mais adaptados à reciclagem	Exemplo de objectos que podem ser feitos com plástico reciclado
PE	Garrafas, Filmes (sacos, filmes de grupagem), grades de garrafas	Sacos, tubos, embalagens para detergentes e lubrificantes, mobiliário urbano, vedações
PET	Garrafas, embalagens	Fibras para peças de vestuário, fibras para enchimento, garrafas
PP	Garrafas, caixas, sacos, tubos	Tubos, caixas, vasos para plantas, acessórios para a indústria automóvel
PS	EPS (esferovite) – caixas, acondicionamento PS: embalagens de iogurte, caixas de cassetes e CD	EPS (esferovite) – Betão leve, aligeiramento de solos PS – Vasos para plantas, cabides
PVC	Tubos, caixilharia de janelas, garrafas	Tubos, caixilharia de janelas, solas de sapatos, perfis
Plásticos Mistos	Embalagens de manteiga e margarina, pacotes de arroz e massas, copos de iogurte	Equipamento de mobiliário urbano

Tabela 9. Exemplo de produtos de matéria-prima reciclada. Adaptado de [21], [76]

- **Reciclagem Química**

Consiste na transformação dos resíduos plásticos nos seus constituintes químicos, através de calor e pressão, ou seja, realizando um processo habitualmente designado por despolimerização. Este processo é adequado para grandes quantidades de plásticos misturados e eventualmente sujos, sem que seja necessário realizar uma triagem exaustiva ou lavagem prévia, produzindo substâncias químicas básicas de especificações definidas e de elevada qualidade. [18], [74], [75], [79]

A reciclagem química é realizada através de processos de despolimerização por solvólise (hidrólise, alcoólise, amilose), ou por métodos térmicos (pirólise a baixa e a alta temperatura, gaseificação, hidrogenação) ou ainda por métodos térmicos/catalíticos (pirólise e a utilização de catalisadores selectivos). [74], [75], [79]

A reciclagem química tem a vantagem de reduzir o consumo de recursos petrolíferos usados na produção, no entanto tem como desvantagem o facto de requerer uma instalação altamente especializada, e como tal muito dispendiosa. Por estas razões, até ao momento não existe em Portugal reciclagem química de plásticos. Em Portugal existem alguns recicladores de plástico, no entanto a soma das suas capacidades totais de reciclagem instaladas representam cerca de 10% do total de plástico colocado no mercado. [21]

- **Reciclagem Energética**

Este tipo de reciclagem consiste no encaminhamento dos resíduos plásticos misturados para a produção de energia eléctrica e/ou térmica, devido ao elevado conteúdo calórico deste tipo de materiais. Pode também ser entendida como a queima controlada dos resíduos plásticos (incineração controlada), de forma a recuperar toda a sua energia contida. [75], [79]

A incineração dos resíduos exige um elevado investimento inicial, necessita de uma alimentação em grande escala e, sendo um sistema aberto, implica sempre um sério risco de poluição ambiental, sobretudo por via gasosa. De frisar que neste processo é necessário separar o PVC dos restantes resíduos, de modo a evitar a formação de dioxinas. [74]

Após o esgotamento das hipóteses anteriormente referidas para valorização dos resíduos plásticos, resta apenas a sua deposição em aterro, o que obviamente não traz nenhum valor nem vantagem, pelo que deverá ser evitado ou minimizado ao máximo este destino.

4.3.2.3. A Reciclagem de Plásticos na Europa

Na Europa, a maior parte da reciclagem de plásticos é realizada através de processos de reciclagem mecânica. O mercado da reciclagem destes resíduos encontra-se bastante fragmentado, caracterizado por consistir na maior parte das vezes em negócios familiares, onde a maior parte das empresas especializam-se apenas na reciclagem de uma parte da fracção dos resíduos plásticos. [18]

No que diz respeito ao PVC, existe um compromisso voluntário da indústria europeia do PVC, o Vinyl 2010, que foi assinado em 2000 e consiste num plano de 10 anos com o objectivo de promover a melhoria contínua da adaptabilidade global do desempenho do

PVC no decorrer do seu ciclo de vida. Este compromisso voluntário é o único existente na Europa que envolve toda a cadeia produtiva, pelo menos tanto quanto se julga saber. [13], [18], [80]

Este projecto pretende assim minimizar o impacto ambiental da produção de resinas de PVC através do aperfeiçoamento dos processos de produção e dos seus produtos, investindo em tecnologias de forma a assegurar a utilização segura de plastificantes e estabilizantes, minimizando os níveis de emissões e resíduos. Pretende ainda este projecto estabelecer uma estratégia global de gestão de resíduos, de forma a utilizar matérias-primas da forma mais eficiente possível e utilizar opções de final de vida mais sustentáveis. [13], [18], [80]

O Vinyl 2010 estabelece objectivos quantificados a atingir no campo da reciclagem, o que evidencia o empenho da indústria europeia do PVC para com as gerações presentes e futuras rumo ao desenvolvimento sustentável. [13], [18], [80]

As associações fundadoras do Vinyl 2010 são: [80]

- Conselho Europeu dos Produtores de Vinilo (ECVM);
- Associação dos Transformadores Europeus de Plásticos (EuPC);
- Associação Europeia dos Produtores de Estabilizantes (ESPA);
- Conselho Europeu de Produtores de Plastificantes (ECPI).

A TEPPFA (Associação Europeia dos Produtos de Tubagens e Acessórios em Plástico) é uma associação sectorial da EuPC. Esta associação no âmbito do compromisso voluntário Vinyl 2010, reciclou em 2004 cerca de 5640 toneladas de tubagens e acessórios em PVC, no entanto para além deste material foram também recolhidas 4600 toneladas de tubagens e acessórios de outros tipos de materiais plásticos. [80]

A TEPPFA espera vir a aumentar os volumes recolhidos, isto devido ao lançamento do projecto Recoviny, projecto este criado pelo Vinyl 2010. O Recoviny foi criado em 2003 de modo a incentivar um fornecimento regular de resíduos de PVC para reciclagem. Este projecto tem como principal objectivo o fornecimento de incentivos financeiros para apoiar a recolha de PVC em fim de vida, tais como tubagens, acessórios, caixilharias, etc. [13], [18], [80]

4.3.3. Reciclagem de Materiais Metálicos

4.3.3.1. Generalidades

Os metais podem ser encontrados no solo e nas rochas, sendo chamados de minérios, que são substâncias de onde é possível extrair os metais. Alguns metais, tais como o ferro e o cobre, são extraídos dos minérios já na forma a ser utilizada, enquanto outros como o aço, precisam de ser associados a outras substâncias. [81]

Os metais são materiais caracterizados por possuírem elevada durabilidade, resistência mecânica e facilidade de conformação (“moldagem”). São também caracterizados por serem 100% recicláveis (perdas insignificantes no seu processo de reciclagem) e o mesmo processo ser economicamente viável, devido à eliminação das etapas de mineração e redução, que se caracterizam por serem muito dispendiosas. O processo pode então ser reduzido à separação de impurezas, fusão e conformação. [82]

Os materiais metálicos têm ainda a vantagem de poderem ser reprocessados e transformados novamente em lâminas de aço em apenas um dia, e ainda podem ser reciclados infinitas vezes. [82]

Os materiais metálicos dividem-se em dois grandes grupos, são eles: [20], [82], [81], [83]

- Metais ferrosos;
- Metais não-ferrosos;

Os metais do primeiro grupo incluem todos os ferros e aços, enquanto o segundo grupo é formado pelos restantes metais, ou seja, o cobre, o zinco, o chumbo, o alumínio, etc.

Os materiais metálicos são usados desde as primeiras civilizações humanas, no entanto os danos causados pela mineração e pela deposição indevida dos mesmos no final da sua vida útil, tem despertado para a necessidade do uso racional deste recurso. Neste sentido, a reciclagem deste tipo de materiais surge como uma alternativa viável uma vez que para além da simplicidade deste processo, ele permite ainda a redução do consumo de matérias-primas e também a redução do consumo de energia, água e emissões poluentes.

4.3.3.2. Metais Ferrosos

Os metais ferrosos podem ser facilmente separados dos restantes através de um electroímã, instrumento este usado para separar materiais com propriedades magnéticas dos restantes materiais. Posteriormente são direccionados para a fundição, onde são aquecidos até temperaturas da ordem de 1550°C. Após atingirem o ponto de fusão, e como tal chegarem ao estado líquido, o material é moldado. [82]

A título de exemplo, cada tonelada de aço reciclado representa uma economia de 1140kg de minério de ferro, 154kg de carvão e 18kg de cal. A produção de aço a partir da reciclagem utiliza também aproximadamente 75% menos energia do que a sua produção usando as matérias-primas originais. [82]

4.3.3.3. Metais Não-Ferrosos

Como se referiu anteriormente neste grupo encontram-se metais como o cobre, o chumbo, etc. Estes metais não são magnéticos, assim terão que ser separados manualmente ou através de Correntes de Eddy (ou Correntes de Foucault). O seu funcionamento assenta no princípio de que, quando um metal condutor é sujeito a um campo magnético variante, são geradas correntes “parasitas” no metal, que geram, em resposta, outro campo magnético, com direcção contrária ao primeiro. Com resultado, o metal é repellido por ser bom condutor. [7]

Existem porém outros sistemas, como é o caso da tecnologia Varisort, que permite a separação de vários tipos de metais e ligas, através de sensores de alta frequência. [84]



Figura 59. Exemplo de equipamentos da tecnologia Varisort. [84]

Após a separação dos vários tipos de metais, segue-se o encaminhamento dos mesmos para a produção de novos produtos.

O cobre é reciclado apenas pela fusão e inspeção antes de fundição, seja para o formato final ou para fabricação posterior. [82]



Figura 60. Exemplo de tubos de cobre prensados para reciclagem. [85]

No que diz respeito ao chumbo, este é um dos materiais mais conhecidos desde a antiguidade, é facilmente identificado por ser possível de riscar com a unha. O seu processo de reciclagem é em tudo semelhante ao anterior, ou seja, fundido e posteriormente moldado. [82], [81]



Figura 61. Exemplo de tubos de chumbo para reciclagem. [85]

A título de exemplo, na reciclagem do alumínio existe uma redução de 95% de energia em relação à sua produção a partir das matérias-primas originais. [81]

4.3.3.4. Ligas Metálicas

Estes metais são definidos por substâncias com propriedades metálicas e compostas por dois ou mais elementos químicos, dos quais pelo menos um deles é metálico. O método mais comum para a produção de ligas consiste na solidificação dos seus componentes derretidos. O termo liga atribui-se a metais fabricados intencionalmente mediante mistura por adição, uma vez que até os metais mais puros contêm impurezas. [81]

As ligas metálicas são normalmente classificadas à semelhança dos restantes metais como ferrosas e não-ferrosas. As ligas de ferrosas podem ser de ferro-carbono, ferro-inox, ferro-níquel e ferro-carbono-manganês. Enquanto as ligas não-ferrosas incluem as ligas leves, as ligas de cobre, de níquel e refractérios. [83]

A sua separação pode ser efectuada à semelhança dos metais não ferrosos, através da tecnologia Varisort. Após a sua separação são encaminhadas para a produção de novos produtos. [84]

Ao nível dos sistemas prediais de águas, é de referir que é corrente o uso das ligas de cobre (latão) em alguns dispositivos de utilização (torneiras) e a sua conjugação com materiais perigosos, como por exemplo o chumbo.

È de frisar no mercado a existência de marcas com preocupações ambientais, como é o caso da Bruma, que lançou recentemente uma linha completa de torneiras misturadoras numa liga de latão isenta de chumbo, ou seja em Ecobrass – latão ecológico. Este material é composto por 76% de cobre, 21% de zinco e 3% de silício, não integrando este material qualquer tipo de substâncias tóxicas. As vantagens de uma torneira isenta de chumbo são imensas, não só em termos de saúde pública, como também para o meio ambiente, uma vez que aquando a sua reciclagem não existirão resíduos de chumbo. [86]

Para além deste fabricante, muitos outros têm criado torneiras usando materiais mais facilmente recicláveis, como seja o facto do uso de materiais termoplásticos nestes dispositivos de utilização em substituição das tradicionais ligas de cobre.

4.3.4. Destino Final de Outros Materiais

4.3.4.1. Generalidades

Nesta secção referem-se algumas soluções de tratamento/valorização para outros materiais que não foram referidos anteriormente, mas que não podem ser esquecidos, pois os mesmos podem ser obtidos através dos processos de Desconstrução dos sistemas prediais de águas.

4.3.4.2. Reciclagem de Tubos Multicamada

Os tubos multicamada, como anteriormente na secção 3.2.3.7 foi referido, são compostos por três camadas de plástico e metal, sendo a disposição normalmente adoptada a seguinte: uma camada interior de plástico, uma camada intermédia de alumínio e uma exterior de material plástico igual ou diferente do que constitui a camada interior. Deste modo, facilmente se percebe que este material apresenta enormes entraves à reciclagem, isto por poder ser constituído por três materiais diferentes que se encontram ligados entre si.

No entanto, desenvolvimentos recentes vieram abrir caminho às possibilidades de reciclagem destes tubos. Recentemente foi desenvolvida uma nova tecnologia que permite a separação de películas metálicas fixadas em plásticos, um processo chamado de delaminação. Inédita no mundo da reciclagem, esta tecnologia permite separar fisicamente o metal do plástico através da aplicação de uma onda de choque e calor na parte metálica, por um período extremamente curto e sem contacto físico directo. Este processo utiliza energia eléctrica para produzir um jacto de plasma e aquecer a cerca de 15 mil °C a mistura de plástico e alumínio. Com este processo, o plástico é transformado em parafina e o alumínio é totalmente recuperado na forma de lingotes de alta pureza. Esta tecnologia permite a recuperação eficiente e a baixo custo de materiais cuja reciclagem até agora era considerada muito difícil, por meio de um processo que não agride o meio ambiente. [87], [88]

Porém, apesar de começarem a existir processos tecnologicamente eficazes para a reciclagem de produtos constituídos por mais do que uma camada de material, também as empresas cada vez se preocupam em produzir produtos que sejam amigos do ambiente e que seja possível a sua reciclagem aquando finalizado o seu período de vida útil. Exemplo disto é o caso dos tubos multicamada produzidos pela Geberit, designados por Mepla. Durante o seu fabrico é realizado um processo de separação entre as várias camadas que constituem o tubo, o que permite que este tubo quando terminado o seu período de vida útil possa ser completamente triturado e depois de separadas as duas fracções (o plástico e o metal), estas possam ser devidamente recicladas. [89]



Figura 62. Exemplo de tubos multicamada Mepla da Geberit. [90]

4.3.4.3. Reciclagem de Equipamentos Eléctricos

Os equipamentos eléctricos geralmente usados nas redes de distribuição de águas são os grupos de bombagem. Estes equipamentos são caracterizados por possuírem um motor, o qual tem por função transformar a energia eléctrica em mecânica. Estes equipamentos deverão ser desmontados manualmente, uma vez que possuem no seu conjunto um variado leque de materiais, que podem e devem ser separados, de modo a promover a reciclagem eficiente dos mesmos.



Figura 63. Exemplo de motor eléctrico desconstruído. [85]

Neste tipo de equipamentos é de frisar que normalmente os mesmos possuem consideráveis quantidades de cobre, material este que é muito valorizado pelos intervenientes no sector do tratamento de resíduos metálicos, devido ao valor que estes têm incorporado. Como tal, os custos obtidos no decorrer do desmonte deste tipo de equipamentos são normalmente rentabilizados.

4.3.4.4. Destino Final para o Amianto

O amianto devido às suas excelentes características físicas e químicas, entre as quais se destacam a incombustibilidade, a resistência a temperaturas elevadas e a resistência à electricidade, foi um dos materiais mais utilizados na indústria do século XX. Deste modo, a sua utilização propagou-se a vários sectores, entre os quais o da construção civil, e no que diz respeito aos sistemas prediais de águas, este material foi muito utilizado em condutas de fibrocimento e também em reservatórios. [91]

No entanto, a partir de 1960 foram divulgados estudos comprovativos da relação causal entre a exposição ao amianto e o cancro do pulmão, o que levou à substituição deste elemento e à proibição da sua utilização e comercialização, conforme o considerado na Directiva n.º 2003/18/CE, que foi transposta par o direito interno através do Decreto-Lei n.º 266/2007 de 24 de Julho. [92]

O amianto representa um risco para a saúde devido à libertação de fibras para o ar ambiente, que podem ser inaladas. Na remoção deste material deverão ser cumpridas todas as normas de segurança e saúde em vigor, não esquecendo também as normas ambientais. Neste sentido, os trabalhos de remoção, acondicionamento e transporte deverão ser efectuados logo que autorizado pela ACT (Autoridade para as Condições do Trabalho), uma vez que estes trabalhos requerem autorização prévia deste órgão. [91]

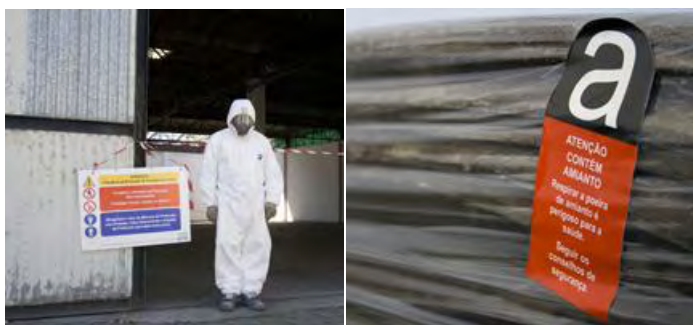


Figura 64. Exemplo de aplicação de regras de segurança aquando da presença de amianto. [91]

Depois de removido, o amianto é acondicionado adequadamente de modo a ser enviado para aterros devidamente autorizados a receber produtos tóxicos. No entanto a

solução mais ecológica consiste na sua incineração, através de uma incineradora de Plasma. [91]

A técnica de Plasma Pirólise, como habitualmente é designada, é uma tecnologia que permite a destruição de resíduos, sendo genericamente definida como sendo a decomposição química por calor na ausência de oxigénio. Este processo, ao contrário do processo de incineração, é endotérmico, uma vez que é necessário fornecer externamente calor ao sistema para que o processo possa ocorrer. Esta técnica permite que materiais, mesmo os perigosos sejam tratados, sendo que os materiais são recuperados em três formas distintas: na forma de gás sintetizado de plasma; na forma de materiais inorgânicos (silicatos); e na forma de metais no estado líquido (caso existam metais em quantidades suficientes). [93]

4.3.4.5. Reciclagem de Inertes

Durante a Desconstrução dos sistemas prediais de águas produzem-se resíduos inertes, ou seja, são originadas outras quantidades de resíduos para além dos materiais ou equipamentos integrantes destes sistemas, onde se enquadra o betão, argamassas, materiais cerâmicos (revestimentos, tijolos, loiças sanitárias, etc.), etc. Neste sentido, importa nesta secção deixar algumas notas para tratamento desses resíduos.



Figura 65. Exemplo de resíduos inertes separados por cores. [7]

A melhor opção de valorização destes resíduos é a sua reutilização. Para isso devem de ser individualizados dos outros materiais como sejam os metálicos, os plásticos, entre outros. Posteriormente deverá ser realizada a sua diminuição de tamanho, ou individualização. Este processo é conseguido através da britagem. Nesta operação é

utilizada diversa maquinaria, tal como: britadeiras de maxilas, giratórias, ou de impacto. [7]



Figura 66. Exemplo de equipamento de reciclagem de inertes e o resultado final da reciclagem dividido por cores. [7]

Após este processo os agregados originados podem ser reutilizados. No que diz respeito à aplicação dos agregados reciclados, foram publicadas em 2006, em Portugal, pelo LNEC quatro Especificações Técnicas. Estas servem como guias para a reciclagem e para a reutilização dos RCD e dos agregados reciclados: [7]

- E 471 – Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos;
- E 472 – Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central;
- E 473 – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligantes de pavimentos;
- E 474 – Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camadas de leito de infra-estruturas de transporte.

A legislação em vigor no que diz respeito aos RCD (Decreto-Lei 46/2008, de 12 de Março) incentiva a utilização destas Especificações, de forma a promover a correcta valorização dos RCD. [16]

4.4. Dificuldades, Desafios e Estratégias para o sucesso da Desconstrução

A forma de valorização dos materiais/equipamentos das redes prediais de distribuição de águas está dependente do sucesso da implementação da técnica de Desconstrução. Por este motivo, revela-se importante definir nesta secção quais são as dificuldades que normalmente esta técnica encontra. Tentar-se-ão ainda apresentar alguns instrumentos/medidas a criar pelas autoridades governantes, de modo a incentivarem o recurso à técnica de Desconstrução, onde tal possa ser aplicável. Por último irão referir-se alguns princípios chave a seguir na concepção de uma nova edificação, para que a técnica de Desconstrução seja facilmente implementada aquando do fim do período de vida útil dos seus materiais ou componentes.

As dificuldades/desafios que a técnica de Desconstrução, encontra na sua implementação são: [2], [4], [10], [11]

- Num projecto de construção civil, o tratamento dos resíduos não contribui para a qualidade do produto final erguido, daí a razão da existência de alguma inércia por parte dos intervenientes no sector ao nível destas matérias;
- Os componentes dos edifícios não foram projectados para serem desmontados, e a variedade de soluções e técnicas construtivas existentes, dificultam esse desmantelamento;
- A dificuldade de implementação de técnicas de desmontagem de componentes dos edifícios, e por vezes a inexistência de ferramentas apropriadas para o efeito, dificultam todo o processo de Desconstrução;
- O tempo gasto na actividade de Desconstrução, os custos de remoção e armazenamento dos elementos desconstruídos são normalmente superiores aquando comparados com a Demolição Tradicional;
- A actividade de Desconstrução exige maior coordenação entre equipas, e por vezes o recurso a mão-de-obra especializada, que nem sempre está disponível, e como tal encarece todo o processo;

- O sucesso de implementação da técnica de Desconstrução exige espaço no estaleiro para uma eficiente triagem e armazenamento dos materiais e equipamentos desconstruídos, o que nem sempre está disponível;
- A inexistência de operadores de gestão e valorização de RCD localizados nas proximidades das obras onde são implementadas técnicas de Desconstrução, encarece todo o processo de gestão de resíduos;
- Numa perspectiva puramente economicista, as quantidades e qualidades dos materiais e equipamentos desconstruídos nem sempre justificam a adopção desta técnica;
- A incapacidade que produtores de RCD têm, devido às características do sector, em oferecer quantidades estáveis de matéria-prima para valorização aos operadores de resíduos, encarece todo o processo;
- Alguns dos materiais e equipamentos desconstruídos, obrigam a elevados custos de reparação, o que lhes tira a competitividade, aquando comparados com a aquisição de novos. Porém, é preciso não esquecer que existem produtos reciclados que poderão ser mais baratos do que a utilização dos produtos originais;
- A existência de barreiras psicológicas quanto à utilização e incorporação de materiais ou equipamentos, reciclados ou recuperados nas edificações, revela-se muitas vezes num grande entrave.

As autoridades governantes têm um papel preponderante na promoção da recolha selectiva e valorização de RCD, criando para tal enquadramentos legais e instrumentos financeiros que potenciem o recurso à técnica de Desconstrução, aquando se reúnam condições para que a mesma possa ser aplicada. Seguidamente apresentam-se alguns instrumentos/medidas que podem ser criados: [2], [18]

- Aumento de taxas, sobre a deposição dos resíduos em aterro e sobre os resíduos para incineração, será uma forma de desencorajar a gestão despreocupada dos RCD como se tem assistido nos últimos anos;
- Promover a criação de infra-estruturas locais adequadas às realidades existentes, de modo a promover as actividades de gestão de resíduos e a diminuir os seus custos em todas as suas vertentes;

- Promover a triagem de RCD, nomeadamente através da anulação de impostos e taxas de circulação para os contentores, nos centros urbanos;
- Criação de incentivos financeiros para as actividades de reciclagem, como seja o exemplo da redução do IVA;
- Criação de incentivos financeiros para os Donos de Obra e Entidades Executantes que promovam as actividades de reutilização e reciclagem de materiais e equipamentos desconstruídos;
- Criação, nos cadernos de encargos dos concursos públicos e projectos de construção, de procedimentos de triagem de resíduos e formas de valorização dos mesmos;
- Criação de procedimentos de selecção de empreiteiros aquando os concursos públicos, pela utilização por parte dos mesmos de materiais/equipamentos reutilizados ou reciclados;
- Criação de campanhas de consciencialização e comunicação, com o objectivo de incentivar os diferentes intervenientes no sector da Construção Civil a adoptarem políticas de valorização dos RCD (não esquecendo os trabalhadores, pois é deles que depende o sucesso do processo de triagem);
- Criação de mecanismos para certificação e promoção dos produtos já utilizados ou reciclados, para novas aplicações, de modo a criar condições de competitividade com os materiais virgens. No entanto, as condições/critérios para matérias-primas secundárias ou recicladas não devem ser mais exigentes do que para as matérias-primas primárias.

Quando se fala de construção sustentável, fala-se de uma nova forma de planear, desenhar, construir e manter edifícios, tendo em vista a eficiência de recursos, protegendo assim todo o ecossistema. Trata-se de uma definição que abrange todo o ciclo de vida do edifício, desde a fase de concepção até à sua Desconstrução. [1]

A construção sustentável segue as mesmas etapas que a construção tradicional, no entanto a grande diferença reside no facto de em todas as fases se procurarem integrar os princípios da sustentabilidade. A construção sustentável assenta em três dimensões principais: a dimensão ecológica (protecção do ecossistema), a dimensão económica

(utilização de recursos a longo prazo) e a dimensão social (protecção dos valores sociais e culturais). [1]

Um dos principais problemas enfrentado pela Desconstrução é o facto de que até recentemente, a maioria dos criadores de edificações enxergava as mesmas como sendo permanentes, e desta forma não havia a preocupação em criar condições para a sua futura Desconstrução. Como tal este conceito deve ser reflectido e implementado a montante da construção de qualquer edificação, desta forma deverão ser seguidos nessa fase alguns princípios fundamentais que promovam a Desconstrução dos componentes dos edifícios. [10], [11].

Seguidamente apresentam-se alguns dos principais conceitos a ter em conta na fase de projecto, de modo a criar condições para a futura Desconstrução de componentes dos edifícios: Adaptado de [1], [10]

- Projectar de acordo com a esperança de vida da construção;
- Facilitar a reutilização e reciclagem dos materiais e equipamentos;
- Utilizar um sistema construtivo aberto, com peças intercambiáveis, de modo a permitir alterações nas edificações sem excessivo trabalho de construção;
- Usar uma rede estrutural padrão;
- Privilegiar o uso de pré-fabricação;
- Identificar pontos de desmontagem permanentes;
- Fornecer tolerâncias adequadas para permitir a desmontagem dos componentes;
- Separar os órgãos estruturais dos revestimentos;
- Providenciar o acesso a todos os componentes do edifício;
- Usar materiais e componentes leves;
- Usar materiais reciclados e recicláveis;
- Minimizar o número de tipos de materiais e componentes, assim como o número e tipo de conexões entre os vários elementos;
- Evitar materiais tóxicos e perigosos;
- Evitar materiais compósitos;
- Providenciar o uso de ligações mecânicas entre os vários materiais e/ou componentes, ao invés de ligações químicas;

- Fornecer identificação padrão e permanente dos tipos de materiais presentes nas edificações;
- Providenciar em obras de reabilitação a utilização de tecnologias de montagem compatíveis com a prática de construção padrão;
- Guardar toda a informação sobre a construção do edifício em causa (ou sua reabilitação), não esquecendo o seu processo de montagem;

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho desenvolvido enquadra-se num tema que actualmente tem ganho bastante relevo. Hoje em dia a opinião pública reconhece a importância de respeitar os recursos naturais e o meio ambiente e, como tal, tem forçado a adopção de políticas de sustentabilidade.

A construção civil é uma actividade que existe desde os primórdios da humanidade, no entanto tem-se assistido ao seu desenvolvimento acelerado nas últimas décadas, que se traduziu entre vários impactos negativos, num aumento da produção de RCD e na crescente dificuldade da sua gestão.

O crescimento dos RCD e o consumo ineficiente de matérias-primas põem em causa a sustentabilidade do sector da construção civil e até mesmo, do próprio bem-estar do ser humano. É neste contexto que surge a Desconstrução, pois é uma forma de aproximação da sustentabilidade, uma vez que permite gerar matérias-primas capazes de substituir as naturais originais.

A Desconstrução é, como se referiu anteriormente, um processo de demolição selectiva que tem como principal objectivo a recuperação da quantidade máxima de materiais e elementos dos edifícios, promovendo a sua reutilização ou reciclagem em alternativa à sua incineração ou deposição em aterro.

Conforme o apresentado no capítulo 2, o número de demolições de edifícios, em Portugal, tem vindo a aumentar nos últimos anos face à construção de novas edificações. Por outro lado, as obras que implicam demolições de edifícios ou partes de edifícios (no caso de reabilitações) serão cada vez mais frequentes no nosso país devido ao elevado “stock” de habitações, mas também devido à necessidade de adaptação e melhoramento das mesmas tendo em conta os novos padrões de exigência de qualidade e conforto.

De facto, num momento em que se verifica a expansão do volume de resíduos produzidos, é crucial dar início a uma tradição de Desconstrução em detrimento da habitual demolição indiferenciada. Assim, o património construído deve ser visto como uma reserva de materiais que é preciso aproveitar quanto antes, uma vez que permite preservar

a energia e a matéria-prima investida nesses materiais e ainda abrandar o consumo de recursos naturais não renováveis.

A demolição tradicional distingue-se da Desconstrução pelo facto de esta última se focar nos trabalhos de desmontagem e valorização de equipamentos, revestimentos, recheios e instalações das construções. Assim, o que as distingue é o maior recurso a técnicas de desmonte preciso e a trabalhos diferenciados de remoção de materiais. Deste modo, importa conhecer os materiais e equipamentos mais convencionais nos sistemas prediais de distribuição de águas. Por estas razões, no capítulo 3 procurou-se apresentar de forma resumida todos os principais materiais e equipamentos possíveis de encontrar nos sistemas prediais de águas. Na descrição dos materiais e equipamentos procurou-se que a mesma fosse realizada também no sentido de se apresentar como um guia para a criação de novas instalações prediais de águas.

Ainda no capítulo 3 procuraram-se identificar as principais origens das patologias dos edifícios, ou seja, tentaram-se identificar as principais razões para a perda de desempenho funcional destes sistemas, apresentando-se estas como as principais razões para a Desconstrução dos sistemas prediais de águas. Por fim, deixaram-se algumas notas sobre soluções de intervenção e aspectos relevantes a ter em consideração na criação de novos sistemas prediais, com vista à melhoria do seu desempenho funcional.

Antes do início de uma obra de Desconstrução dos sistemas prediais de águas é necessário um planeamento cuidadoso, no qual se devem seguir um conjunto de procedimentos pré-definidos, como se procurou definir no capítulo 4. É durante esta operação que é necessário realizar um planeamento cuidadoso, onde são tomadas algumas decisões, entre as quais, o número de fracções em que se deve fazer a recolha selectiva e quais os destinos finais para os materiais e equipamentos desconstruídos.

A forma de valorização dos materiais e equipamentos desconstruídos tem como principal problema a triagem realizada na origem, pois muitas vezes a falta de espaço em obra para realizar a mesma evidencia-se e os materiais com capacidades de valorização acabam por ser contaminados por outros. Resta apenas, nestes casos, a sua incineração ou deposição em aterro dos elementos desconstruídos, soluções estas que não permitem obter qualquer valor económico ou ambiental face à reutilização ou à reciclagem. O objectivo deverá ser a reciclagem eficiente de todos os materiais desconstruídos e a reutilização dos equipamentos que possuam condições para tal.

A vida útil dos materiais e equipamentos dos sistemas prediais de águas não se esgota quando estes são removidos dos edifícios. Desta forma são sujeitos a técnicas de valorização, entre as quais a reciclagem, de modo a integrarem um novo ciclo de vida. Por esta razão, no capítulo 4, procuraram-se também apresentar alguns métodos de reciclagem para os materiais e equipamentos desconstruídos dos sistemas prediais de águas.

Com este trabalho pretende-se deixar uma mensagem de empenho e de incentivo a todos os intervenientes no sector da construção civil. No entanto, também se cria uma mensagem de esperança, uma vez que o sector da construção civil se apresenta como potencial consumidor de resíduos. Veja-se, por exemplo, o caso dos produtos betuminosos, que são subprodutos da actividade refinadora do petróleo.

Como desenvolvimentos futuros aponta-se a sensibilização dos projectistas para o desenvolvimento do projecto das construções tendo em conta a sua fácil desmontagem e a possibilidade de adaptação a várias funções. Desta forma, a concepção de edifícios para a sua fácil desmontagem e valorização dos materiais e equipamentos desconstruídos deverá ter em consideração o que foi referido na secção 4.4. Nesta secção apresentaram-se também um conjunto de dificuldades/desafios e ainda alguns instrumentos/medidas, que deverão ser tidos em consideração na realização de trabalhos futuros.

Em consequência da falta de conhecimento e de experiência no que diz respeito a técnicas de remoção de elementos, entre os quais os sistemas prediais de águas, propõe-se o estudo e a especificação de técnicas e procedimentos que permitam a remoção de materiais e equipamentos constituintes das redes prediais de águas com o menor dano possível. Para isso seria positivo o acompanhamento de uma obra de Desconstrução, de modo a tentar conciliar a teoria com a prática.

Seria também de grande interesse desenvolver um programa de investigação de aplicação dos materiais constituintes dos sistemas prediais de águas desconstruídos no fabrico de novos materiais, nomeadamente destinados à construção. Estes objectivos permitiriam a preservação dos recursos naturais, o aumento do valor dos RCD e consequentemente no aumento dos benefícios económicos obtidos na Desconstrução através do encaminhamento dos RCD.

Por fim, um estudo prático pormenorizado dos custos associados à técnica de Desconstrução seria um aspecto interessante e essencial a desenvolver no futuro, dado que nem sempre os custos ambientais estão devidamente incorporados nos custos reais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lucas, S.M.S.d.O., *"Critérios Ambientais na Utilização de Materiais de Construção"*, in *Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro*. 2008, Universidade de Aveiro.
2. Soeiro, A., *"Reutilização de Elementos Construtivos na Construção"*, in *Faculdade de Engenharia*. 2008, Universidade do Porto.
3. Lourenço, C., *"Optimização de Sistemas de Demolição - Demolição Selectiva"*, in *Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura*. 2008, Instituto Superior Técnico: Lisboa.
4. Couto, A.B., J.P. Couto, and J.C. Teixeira. *"Desconstrução uma Ferramenta para a Sustentabilidade da Construção"*. Nutau 2006; São Paulo. 2006. [cited; Available from: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6792/1/095NUTAU.pdf> (20/11/2008)].
5. Silva, C.R.d. *"A Problemática dos Resíduos de Construção e Demolição: Custos e Benefícios da Triagem"*. Caderno Ceifa-Ambiente Nr. 6. 2004. [cited; Available from: http://www.ceifa-ambiente.net/portugues/publicacoes/cadernos-ceifa/Caderno_CEIFA_06.pdf/view (23/2/2009)].
6. Baganha, M.I., J.C. Marques, and P. Góis. *"O Sector da Construção Civil e Obras Públicas em Portugal: 1990-2000"*. [cited; Available from: <http://www.ces.uc.pt/publicacoes/oficina/173/173.pdf> (23/2/2009)].
7. Algarvio, D.A.N., *"Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição: Contribuição para Controlo do Processo"*, in *Faculdade de Ciências e Tecnologia*. 2009, Universidade Nova de Lisboa.

8. Casagrande, E.F. *"Princípios e Parâmetros para a Construção Sustentável"*. 2008. [cited; Available from: <http://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23234.pdf> (3/2/2009)].
9. *Inquérito aos Projectos de Obras de Edificação e de Demolição de Edifícios*. 1995-2008. Instituto Nacional de Estatística. [cited; Available from: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000094&selTab=tab2 (20/2/2009)].
10. Kibert, C.J., *"Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery"*. 2005, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
11. Santos, M.B.d., *"Estratégias de Implantação de Sustentabilidade no Uso e Manutenção de Edificações Residenciais Existentes"*. 2009, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte - Brasil.
12. *Imagem de Conjunto de Resíduos de uma Obra de Reabilitação*. [cited; Available from: http://images.quebarato.com.br/photos/big/4/7/8E447_1.jpg (23/4/2009)].
13. *"Reciclar PVC Fléxivel e Rígido - Recovinyl"*. [cited; Available from: <http://pt.recovinyl.com/docs/portuguese/sortingguide.pdf> (23/4/2009)].
14. *Decreto-lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro - "Regime Geral da Gestão de Resíduos"*. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa [cited; Available from: <http://dre.pt/pdf1sdip/2006/09/17100/65266545.PDF> (23/4/2009)].
15. *Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março*. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa [cited; Available from: http://www.ecolabor.pt/pdfs/Portaria_209_2004.pdf (23/4/2009)].

16. *Decreto-lei n.º 46/2008, de 12 de Março - "Regime de Gestão de RCD"*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa [cited; Available from: http://www.aiccopn.pt/upload/DL_46_2008_RCDs.pdf (23/4/2009)].

17. *Portaria n.º 417/2008, de 11 de Junho*. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa [cited; Available from: http://www.aiccopn.pt/upload/Port_417_2008_Guia_de_acompanhamento_transporte_de_RCDs.PDF (23/4/2009)].

18. *"Guia para a Gestão Sustentável de Resíduos Plásticos da Construção e Demolição"*. Projecto APPRICOD. 2006. [cited; Available from: <http://www.acrplus.org/upload/documents/document150.pdf> (18/4/2009)].

19. Correia, A., F. Fernandes, and L. Dinis, *"Resíduos de Construção e Demolição. Sua Gestão e Impactes no Ambiente"*, in *Departamento de Ambiente e Ordenamento*. 2009, Universidade de Aveiro.

20. Ferreira, V.M.C.S. *"Sub-Projecto de Reciclagem: 1º Relatório de Progresso"*. AveiroDomus - Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro. Departamento de Engenharia Civil, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro - Universidade de Aveiro. 2006. [cited; Available from: <http://www.aveirodomus.pt/resources/xFiles/scContentDeployer/docs/Doc206.pdf> (15/5/2009)].

21. Alves, C.A. *"Algumas Questões Técnicas Sobre um Resíduo em Particular: O Plástico"*. 2006 [cited; Available from: <http://www.scribd.com/doc/12698622/Sobre-a-Reciclagem-do-Plastico> (15/5/2009)].

22. *Rubricas Contabilísticas das Empresas por Domínios do Ambiente; 2005-2007.* Instituto Nacional de Estatística. [cited; Available from: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=50102225&PUBLICACOESmodo=2 (25/3/2009)].
23. Carvalho, C.L.S.d., *"Inovações Tecnológicas, Reciclagem e Redução de Custos na Industria da Construção Civil"*, in *Faculdade de Ciências e Letras - Departamento de Economia*. 2004, Universidade Estadual Paulista.
24. *"Resíduos de Construção e Demolição"*. Agência Portuguesa do Ambiente. 2008. [cited; Available from: <http://www.apambiente.pt/politicassambiente/Residuos/fluxresiduos/RCD/Documents/RCD.pdf> (20/4/2009)].
25. WAMBUCO, P. *"Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios; Volume III - Anexos"*. Programa - Crescimento competitivo e sustentável. Desden. 2002. [cited; Available from: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4623/1/Sa%C3%ADd_ELIVOL3_2005.pdf (15/11/2008)].
26. WAMBUCO, P. *"Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios; Volume I"*. Programa - Crescimento competitivo e sustentável. Desden. 2002. [cited; Available from: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4518/1/Sa%C3%ADd_ELIVOL1_2005.pdf (15/11/2008)].
27. *"Resíduos de Construção e Demolição"*. Inspeção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território 2004 [cited; Available from: <http://www.igaot.pt/wp-content/uploads/2008/05/rt-residuosconstrudemolicao.pdf> (20/4/2009)].
28. Afonso, A.S., *"Apontamentos sobre Instalações Hidráulicas Prediais"*. Vol. I. 2008: Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

29. Afonso, A.S. *"Inovação ao Nível da Concepção e do Dimensionamento das Instalações Prediais de Águas e Esgotos. Situação em Portugal"* [cited; Available from:
<http://www.anqip.pt/documentos/Inova%C3%A7%C3%A3o%20ao%20n%C3%ADvel%20da%20concep%C3%A7%C3%A3o%20e%20do%20dimensionamento%20das%20instala%C3%A7%C3%B5es%20prediais%20de%20%C3%A1guas%20e%20esgotos.%20Situa%C3%A7%C3%A3o%20em%20Portugal.pdf> (10/11/2008)].
30. Pedroso, V.M.R., *"Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas"* 2000, Lisboa: LNEC (Colecção Edifícios).
31. Ilha, M.S.d.O. and O.M. Gonçalves. *"Sistemas Prediais de Água Fria"*. Departamento de Engenharia de Construção Civil - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2008. [cited; Available from:
<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/tppcc08.pdf> (10/11/2008)]
32. *"Controlo do Chumbo na Água para o Consumo Humano"*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos - Recomendação IRAR nº 02/2005 [cited; Available from:
http://www.irar.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/docum/recom/rec_2.pdf (11/11/2008)].
33. Félix, A.M.T. *"Exposição a Metais Pesados na Infância"*. Boletim do Centro Regional de Saúde Pública do Centro - N.º 2005 [cited; Available from:
http://www.portaldasaude.pt/NR/rdonlyres/E016697C-B947-49FB-8D2A-60469AF8C9CA/0/BoletimCRSPC_52.pdf (12/11/2008)].
34. Margarido, R. and V. Silva. *"O Chumbo no Sangue - Toxicidade e Efeitos"*. Universidade Nova de Lisboa. 2006. [cited; Available from:
<http://pessoa.fct.unl.pt/arm11037/Chumbo%20no%20Sangue.pdf> (25/3/2009)].
35. *Imagem de Tubos de Chumbo*. [cited; Available from:
<http://www.gravitausa.com/images/leadpipe.jpg> (10/11/2009)].

36. *"Guia Técnico de Reabilitação Habitacional"*, ed. J.V. Paiva, J. Aguiar, and A. Pinho. Vol. II. 2006, Lisboa: Instituto Nacional de Habitação e Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
37. *Imagem de Tubos de Aço Galvanizado*. [cited; Available from: www.inoxguima.comimagensprodutos181g.jpg (15/11/2008)].
38. *Imagem de Acessórios para Tubos de Aço Galvanizado*. [cited; Available from: www.qualitubo.com.br/imgConexGalvPreto%20gg.jpg (15/11/2008)].
39. Fontinha, I.R. and M.M. Salta. *"Desempenho de Componentes Metálicos em Edifícios"*. Especial Formação. 2007. [cited; Available from: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/cpm/v26n3/v26n3a03.pdf> (10/12/2008)].
40. Salta, M.M. *"Redes de Distribuição de Água em Grandes Edifícios - Características e Durabilidade - Materiais Metálicos"*. Seminário - Materiais em Ambiente Marítimo: Funchal. 2007. [cited; Available from: <http://www.dgies.min-saude.pt/recursos/seminariotubagens/ManuelaSalta/Apre.MSalta.pdf> (20/6/2009)].
41. Santos, R. and J.G. Martins. *"Materiais de Construção - Plásticos"*. Série Materiais - 1ª Edição. 2004. [cited; Available from: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Materiais/Plasticos.pdf> (15/11/2008)].
42. Freitas, J., R. Almeida, and S. Oliveira, *"Uso de polímeros na Construção"*, in *Viseu*. 2007.
43. Esgalho, H. and A. Rocha, *"Materiais Plásticos para a Construção Civil - Características e Tipos de Aplicação"*. 2002, Lisboa: LNEC.
44. Rocha, A. *"Sistemas de Distribuição de Água em grandes Edifícios - Características e Durabilidade - Materiais Plásticos"*. Seminário Materiais em

- Ambiente Marítimo - Funchal. 2007. [cited; Available from: <http://www.lrec.pt/files/adeliarocha.pdf> (25/11/2008)].
45. LusoPipe. *Informação sobre Tubagens de Polibutileno*. [cited; Available from: <http://www.lusopipe.com/?pagina=pushfit&idioma=pt> (20/11/2008)].
 46. Martins, j.G. "*Distribuição e Drenagem de Águas - Condições Técnicas de Execução*". Série Materiais (versão provisória) [cited; Available from: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Construcoes/Distribuicao%20e%20drenagem%20de%20aguas.pdf> (25/11/2008)].
 47. Ghisi, E. and E.C. Gugel. "*Instalações Prediais de Água Quente*". Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis. 2005. [cited; Available from: <http://www.scribd.com/doc/7330548/Instalacoes-Hidraulicas-Esgoto-ecv5317aguaquente29082005> (25/11/2008)].
 48. Armaflex. *Informação sobre Sistemas Isolantes em Tubagens*. [cited; Available from: http://www.armacell.com/www/armacell/armacell.nsf/ansHTMLSeitenLookUp/POR_Frame?OpenDocument (28/10/2008)].
 49. Armaflex. *Imagem de Isolamento Armaflex para Tubagens*. [cited; Available from: http://www.serviciostecnicospinelo.com.mx/png/acessorios/Armaflex_Tube.jpg (28/10/2008)].
 50. *Imagem de Torneira de Parede*. [cited; Available from: http://clius.com.br/imagens_prov/produtos/torneiras_parede_jardim/1158.jpg (15/7/2009)].
 51. *Imagem de Torneira de Coluna*. [cited; Available from: www.sanitop.pt (15/7/2009)].

52. *Imagens de Torneiras Misturadoras.* [cited; Available from: www.zenite.pt (15/7/2009)].
53. *Imagem de Torneira de Passagem.* [cited; Available from: www.momel.pt (15/7/2009)].
54. *Imagem de Torneira de Seccionamento.* [cited; Available from: http://jan.pt/modules/smartsection/images/torneiras/man_85/monocomandos_med_alt_man_85_3_2.jpg (15/7/2009)].
55. *Imagem de Torneira de Bóia.* [cited; Available from: <http://www.metalgarden.com.br/2008/images/10.gif> (15/7/2009)].
56. *Imagem de Fluxómetro.* [cited; Available from: <http://www.benkiser.com.pt/images/novidade.jpg> (15/7/2009)].
57. *Imagem de Autoclismo.* [cited; Available from: http://www.oliveirairmao.com/scid/olweb13/defaultProductCategoryViewOne.asp?p_categoryID=305 (15/7/2009)].
58. *Imagens de Instalações de Produção de Água Quente.* [cited; Available from: www.vulcano.pt (15/7/2009)].
59. *Imagem de Sistema Solar Térmico.* [cited; Available from: http://www.esolar.pt/img/shared/1st_2_s.jpg (15/7/2009)].
60. Rodrigues, C. and A.S. Afonso. "*A Qualidade na Construção ao Nível das Instalações Prediais de Águas e Esgotos. Situação e Perspectivas em Portugal*". Congresso Construção 2007 - 3º Congresso Nacional - Coimbra. 2007. [cited; Available from: <http://www.anqip.pt/documentos/A%20qualidade%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20ao%20n%C3%ADvel%20das%20instala%C3%A7%C3%B5es%20predi>

- [ais%20de%20%C3%A1guas%20e%20esgotos.%20Situa%C3%A7%C3%A3o%20e%20perspectivas%20em%20Portugal.pdf](#) (10/11/2008)].
61. Afonso, A.S. *"Instalações Prediais de Águas e Esgotos: Erros e Defeitos Frequentes na sua Conceção e Construção"*. 2º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação de Edifícios - Lisboa. 2003. [cited; Available from: <http://www.anqip.pt/documentos/Water%20supply%20and%20drainage%20system%20in%20buildings%20Recurrent%20errors%20and%20defects%20in%20Design%20and%20Construction.pdf> (10/11/2008)].
 62. Pedroso, V.M.R. *"Patologias das Construções - Reabilitação de Instalações"*. 2006. [cited; Available from: <http://mestrado-reabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jbastos/vpedroso.pdf> (20/4/2009)].
 63. Pedroso, V.M.R., *"Problemas e Reabilitação dos Sistemas Prediais de Distribuição e de Drenagem de Águas"*, in *3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios*. 2003: Lisboa.
 64. Pedroso, V.M.R., *"Patologia das Instalações Prediais de Distribuição de Águas"*, in *Congresso Ibero-Americano de Patologia das Construções*, LNEC, Editor. 1997: Porto Alegre - Brasil.
 65. Afonso, A.S. and I. Lança. *"Controlo e Prevenção da Legionella em Sistemas Prediais de Águas: Contramedidas e suas Limitações"*. Boletim do Centro Regional de Saúde Pública do Centro - N.º5. 2005. [cited; Available from: http://www.portaldasaude.pt/NR/rdonlyres/E016697C-B947-49FB-8D2A-60469AF8C9CA/0/BoletimCRSPC_52.pdf (10/11/2009)].
 66. *Imagem de Sinalização de Segurança*. [cited; Available from: http://www.aman.pt/pt_pt/maxshop/categoria/111/obrigacao--probicao/1/1/1/2/ (18/8/2009)].

67. *Imagem de Proibição de Atirar ou Despejar Materiais.* [cited; Available from: http://www.aman.pt/pt_pt/maxshop/produto/11593/proibicao/proibido-atirar-ou-despejar-materiais/ (18/8/2009)].
68. *Imagem de Contentor Aberto para Armazenamento de Resíduos.* [cited; Available from: <http://www.semural.pt/index.php?p=servicos&s=residuos&p2=entulho> (18/8/2009)].
69. *Imagem de Contentor de Armazenamento Fechado.* [cited; Available from: http://www.containex.pt/pt/contenitor-maritimo-novo_20neu.aspx?type=miete (18/8/2009)].
70. *Imagem de Contentores Plásticos de duas Rodas Fechados.* [cited; Available from: <http://www.engels.eu/assets/groepsfotos/con2.jpg> (18/8/2009)].
71. *Imagem de Contentores Plásticos de quatro Rodas Fechados.* [cited; Available from: http://images.quebarato.com.br/photos/big/2/9/102A29_2.jpg (18/8/2009)].
72. Rodrigues, P. "*Gestão de RCD's: Estratégia Integrada para a Região do Grande Porto*". LIPOR. 2008. [cited; Available from: http://www.lipor.pt/upload/Lipor/ficheiros/Apresenta%C3%A7%C3%A3o_RETRIA_Paulo%20Rodrigues_LIPOR.pdf (18/8/2009)].
73. Ângulo, S.C., S.E. Zordan, and V.M. John. "*Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil*". Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica de São Paulo. [cited; Available from: http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20IV_CT206_2001.pdf (18/8/2009)].
74. Letras, M.C., "*Reciclagem de Plásticos: Identificação de Contaminantes e Estratégias de Valorização dos Resíduos Industriais*", in *Faculdade de Ciências e Tecnologia*. 2008, Universidade Nova de Lisboa.

75. Spinacé, M.A.d.S. and M.A.D. Paoli. *"A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros"*. Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas 2005 [cited; Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100014 (18/8/2009)].
76. *Informação sobre a Marcação de Plásticos em Portugal. Imagem de "Pellets" de Plástico*. [cited; Available from: www.plastval.pt (2/9/2009)].
77. Matos, A., et al. *"Ecofort - Qualidade Preservando a Natureza"*. Autarquia Educacional do Vale do São Francisco - Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Petrolina - Departamento de Ciências da Administração. 2006. [cited; Available from: www.facape.br (2/9/2009)].
78. Sensato, F.R. and H. Viana. *"Identificação de Polímeros via Densidade e Combustão"*. Centro Universitário - Fundação Santo André (Brasil) [cited; Available from: <http://www.hamiltonviana.com/apost12.pdf> (2/9/2009)].
79. Kipper, L.M., *"Ações Estratégicas Sistêmicas para a Rede Sustentável de Reciclagem de Plásticos"*, in *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção*. 2005, Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis - Brasil.
80. Vinil 2010. *"Relatório sobre as Actividades de 2004"*. 2005 [cited; Available from: [http://www.cires.pt/members/grupocires/home.nsf/WWWCiresPorDownloads/58A7274B4BFFDD388025707600305FCD/\\$FILE/PROGRESS2004.pdf](http://www.cires.pt/members/grupocires/home.nsf/WWWCiresPorDownloads/58A7274B4BFFDD388025707600305FCD/$FILE/PROGRESS2004.pdf) (2/9/2009)].
81. Martins, J.G. and A.M. Pereira. *"Os Metais na Construção Civil"*. Série Materiais. 2008. [cited; Available from: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Materiais/Metais.pdf> (15/8/2009)].
82. Mendes, W., et al. *"...Tudo se transforma"*. Seminário sobre reciclagem. [cited; Available from: www.geocities.com (2/9/2009)].

83. Silva, G.M.M.d.C.e., "*Metais e Ligas Metálicas. Uma Abordagem Experimental no Secundário*", in *Departamento de Química*. 2007: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
84. *Soluções de Triagem de Metais*. Tecnologia Varisort. [cited; Available from: http://www.ambiente.pt/brochuras_residuos/brochura4_pt.pdf (2/9/2009)].
85. Ambigroup. *Informação sobre Reciclagem de Metais*. Recifemetal. [cited; Available from: http://www.ambigroup.com/recifemetal/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=81 (2/9/2009)].
86. *Informação sobre Torneiras Bruma em Ecobrass - Latão Ecológico*. [cited; Available from: <http://www.construlink.com/Homepage/verNoticia.php/noticia.html?id=284&offline> (2/9/2009)].
87. *Informação sobre a Técnica de Delaminação para Separar o Metal do Plástico*. Redação do Site Inovação Tecnológica 2004 [cited; Available from: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010170040127> (2/9/2009)].
88. *Informação sobre a Técnica de Delaminação para Separar o Metal do Plástico*. [cited; Available from: http://www.responsabilidadesocial.com/article/article_view.php?id=326 (2/9/2009)].
89. *Informação sobre a Reciclagem dos Tubos Multicamada da Geberit (Mepla)*. [cited; Available from: <http://www.geberit.pt/geberit/inet/pt/wcmspt.nsf/pages/comp-suste-Deve-2> (2/9/2009)].

90. *Imagem de Tubos Multicamada de Geberit (Mepla).* [cited; Available from: [http://www.geberit.pt/geberit/inet/pt/wcmspt.nsf/files/usr-pro-116981_Geberit_Mepla_POR.pdf/\\$file/116981_Geberit_Mepla_POR.pdf](http://www.geberit.pt/geberit/inet/pt/wcmspt.nsf/files/usr-pro-116981_Geberit_Mepla_POR.pdf/$file/116981_Geberit_Mepla_POR.pdf) (2/9/2009)].

91. Ambigroup. *Informação sobre Remoção de Amianto.* Recifemetal. [cited; Available from: http://www.ambigroup.com/recifemetal/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=96 (16/9/2009)].

92. Amiacon. *Legislação Aplicável aos Trabalhos de Desconstrução de Amianto.* [cited; Available from: <http://www.amiacon.pt/legislacao.htm> (15/9/2009)].

93. *Informação sobre a Técnica de Plasma Pirólise.* [cited; Available from: <http://paginas.fe.up.pt/~jotace/gtresiduos/plasmapirolise.htm> (17/9/2009)].

ANEXOS

ANEXO I – Capítulo 17 da LER

Capítulo	17	Resíduos de Construção e Demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)
Subcapítulo	17 01	Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos:
Código	17 01 01 17 01 02 17 01 03 17 01 06 (*)	Betão. Tijolo. Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos. Misturas ou frações separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos contendo substâncias perigosas.
Subcapítulo	17 02	Madeira, vidro e plástico:
Código	17 02 01 17 02 02 17 02 03 17 02 04 (*)	Madeira. Vidro. Plástico. Vidro, plástico e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas.
Subcapítulo	17 03	Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão:
Código	17 03 01 (*) 17 03 02 17 03 03 (*)	Misturas betuminosas contendo alcatrão. Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01. Alcatrão e produtos de alcatrão.
Subcapítulo	17 04	Metais (incluindo ligas):
Código	17 04 01 17 04 02 17 04 03 17 04 04 17 04 05 17 04 06 17 04 07 17 04 09 (*) 17 04 10 (*) 17 04 11	Cobre, bronze e latão. Alumínio. Chumbo. Zinco. Ferro e aço. Estanho Mistura de metais Resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas. Cabos contendo hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas. Cabos não abrangidos em 17 04 10.
Subcapítulo	17 05	Solos (incluindo solos escavados de locais contaminados), rochas e lamas de dragagem:
Código	17 05 03 (*) 17 05 04 17 05 05 (*) 17 05 06 17 05 07 (*) 17 05 08	Solos e rochas contendo substâncias perigosas. Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03. Lamas de dragagem contendo substâncias perigosas. Lamas de dragagem não abrangidas em 17 05 05. Balastros de linhas de caminho de ferro contendo substâncias perigosas. Balastros de linhas de caminho de ferro não abrangidas em 17 05 07.
Subcapítulo	17 06	Materiais de isolamento e materiais de construção contendo amianto:
Código	17 06 01 (*) 17 06 03 (*) 17 06 04	Materiais de isolamento contendo amianto Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03.
Subcapítulo	17 08	Materiais de construção à base de gesso:
Código	17 08 01 (*) 17 08 02	Materiais à base de gesso contaminados com substâncias perigosas. Materiais de construção à base de gesso não abrangidos em 17 08 01.
Subcapítulo	17 09	Outros resíduos de construção e demolição:
Código	17 09 01 (*) 17 09 02 (*) 17 09 03 (*) 17 09 04	Resíduos de construção e demolição contendo mercúrio. Resíduos de construção e demolição contendo PCB (por exemplo, vedantes com PCB, revestimentos de piso à base de resinas com PCB, envidraçados vedados contendo PCB, condensadores com PCB). Outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) contendo substâncias perigosas. Misturas de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03.

ANEXO II – Guias de Transporte para os RCD

Anexo II.1 – Guias de Transporte para os RCD provenientes de um único produtor/detentor

I - Identificação do transportador

Nome:		Morada:	
Localidade:		Concelho:	
Código Postal:	CAE:	NIF:	
Tel.:	Fax.:	E-mail	
Matrícula do Camião ou Tractor:		Matrícula do Reboque ou Semi-Reboque:	

Data: / /

Assinatura do Motorista:

II – Identificação da obra

Nome:		
Morada:		
Alvará nº:	Localidade:	Concelho:
Código Postal:	Tel.:	Fax.:

III – Identificação do Produtor ou detentor

Nome:		
Morada:		Localidade:
Concelho:	Alvará ou Título de registo do InCI:	
Código Postal:	Tel.:	Fax.:

IV - Classificação* e quantificação dos RCD e identificação do respectivo destinatário

Movimentos	Código LER	Quantidade (t ou m³)	Destinatário	Assinatura do Destinatário
1				
2				
3				

* De acordo com a Portaria nº 209/2004, de 3 de Março (Lista Europeia de Resíduos)

Anexo II.2 – Guias de Transporte para os RCD provenientes de mais de um produtor/detentor

I - Identificação do transportador

Nome:			
Morada:			
Localidade:		Concelho:	
Código Postal:	CAE:	NIF:	
Tel.:	Fax.:	E-mail:	
Matrícula do Camião ou Tractor:		Matrícula do Reboque ou Semi-Reboque:	

Data: / /

Assinatura do Motorista:

II – Identificação da obra

Nome:		
Morada:		
Alvará nº:	Localidade:	Concelho:
Código Postal:	Tel.:	Fax.:

III – Classificação* e quantificação do resíduo, identificação do produtor/detentor e respectivo destinatário

Movimentos	ID Produtor ou Detentor	Código LER	Quantidade (t ou m³)	Destinatário	Assinatura do Destinatário
1	Nome:				
	Alvará ou Título de registo do InCI:				
	Morada:				
	Localidade:				
	Código Postal:				
	Tel.:				
	Fax.:				
2	Nome:				
	Alvará ou Título de registo do InCI:				
	Morada:				
	Localidade:				
	Código Postal:				
	Tel.:				
	Fax.:				
3	Nome:				
	Alvará ou Título de Registo do InCI:				
	Morada:				
	Localidade:				
	Código Postal:				
	Tel.:				
	Fax.:				

* De acordo com a Portaria nº 209/2004, de 3 de Março (Lista Europeia de Resíduos)

ANEXO III – Modelo do Plano de Prevenção e Gestão de RCD

Modelo do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição referido no Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março.

I. Dados gerais da entidade responsável pela obra							
a) Nome							
b) Morada, Localidade, Código Postal, Freguesia, Concelho							
c) Telefone, Fax, E-Mail							
d) Número Identificação Pessoa Colectiva (NIPC)							
e) CAE Principal Rev3							

II. Dados gerais da obra							
a) Tipo de obra (construção/demolição de estrada, ponte, edifício...)							
b) Código do CPV							
c) Nº de processo de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA)							
d) Identificação do local de implantação							

III. Resíduos de Construção e Demolição (RCD)							
1. Caracterização da obra							
a) Caracterização sumária da obra a efectuar							
b) Descrição sucinta dos métodos construtivos a utilizar tendo em vista os princípios referidos no artº 2º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março							
2. Incorporação de reciclados							
a) Metodologia para a incorporação de reciclados de RCD							
b) Reciclados de RCD integrados na obra							
Identificação dos reciclados	Quantidade integrada na obra (t ou m³)			Quantidade integrada relativamente ao total de materiais usados (%)			
Valor total							
3. Prevenção de resíduos							
a) Metodologia de prevenção de RCD							
b) Materiais a reutilizar em obra							
Identificação dos materiais	Quantidade a reutilizar (t ou m³)			Quantidade a reutilizar relativamente ao total de materiais usados (%)			
Valor total							
4. Acondicionamento e triagem							
a) Referência aos métodos de acondicionamento e triagem de RCD na obra ou em local afecto à mesma							
b) Caso a triagem não esteja prevista, apresentação da fundamentação para a sua impossibilidade							
5. Produção de RCD							
Código LER	Quantidades produzidas (t ou m³)	Quantidade para reciclagem (%)	Operação de reciclagem	Quantidade para valorização (%)	Operação de valorização	Quantidade para eliminação (%)	Operação de eliminação
Total							

[a que se refere a alínea f) do artigo 11.º]

Modelo de registro de datos de RCD

I — Materiais reutilizados e RCD produzidos

Materiais reutilizados — tipologia							Em obra		Outra	
							Tipo de utilização	(Ton ou l)	Tipo de utilização	(Ton ou l)
Materiais reutilizados (ton ou l)										
RCD — código LER (*)							Incorporação em obra		Operador de gestão (**) (ton ou l)	
							Tipo de utilização	(Ton ou l)		
RCD total (ton ou l)										
Total (ton ou l)										

(*) De acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março (lista europeia de resíduos).

(**) Anexar cópia dos certificados de recepção emitidos pelos operadores de gestão devidamente legalizados.

II — Responsável pelo preenchimento

Assinatura:	Data:
-------------	-------

ANEXO V – Folhas de Inventariação

<i>Logótipo da Entidade Executante</i>	Dono de Obra:		Data:
	Obra:		____/____/____
	Entidade Executante:		

Folha de Inventariação para os Materiais				
Localização	Identificação do Material	Identificação pela LER	Quantidade Aproximada	N.º do Contentor a depositar

Responsável:		Página ____ de ____
Supervisor:		

<i>Logótipo da Entidade Executante</i>	Dono de Obra:		Data:
	Obra:		____/____/____
	Entidade Executante:		

Folha de Inventariação para os Equipamentos				
Localização	Identificação do Equipamento	Registo Fotográfico	Descrição	Destino final (Reutilizar-RT; Reciclar-RC)

Responsável:		Página ____ de ____
Supervisor:		